

annales
de
zoologie
écologie animale

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PARIS - GRIGNON

inra

AZEA5.2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J.-M. SOUPAULT

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, A. CAUDERON,
G. FAUCONNEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.
- S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- A. CAUDERON, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Phytopathologie.

- H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale, C. N. R. A.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés, C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
- G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
- J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
- R. VIBERT, Chef du Département d'Hydrobiologie, 64200 Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

- M. MAZOYER, Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Services des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1973

Vol. 5 . N° 2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES AU NIVEAU D'UN VÉGÉTAL (*ALLIUM PORUM*) DANS UNE ENCEINTE A THERMO-PÉRIODE PROGRAMMÉE

P. VIAUD, G. BROUSSAL et J.-C. LANDRE

*Laboratoire d'Écologie expérimentale,
Parc Grand-Mont,
Université François Rabelais, 37200 Tours*

RÉSUMÉ

Les enregistrements de température, au cours d'expériences programmées avec une thermo-période, révèlent une dispersion importante.

Les écarts entre divers points de mesure dans une chambre climatisée sont analysés.

Devant la complexité des phénomènes et l'impossibilité de réaliser une thermopériode bien définie, diverses indications sont formulées pour améliorer les comptes rendus où interviennent des expériences avec thermo-période.

Les enceintes programmées sont conçues théoriquement pour assurer à l'expérimentateur la maîtrise de certains paramètres tels que : photopériode, thermo-période. Le programme imposé est souvent du type fonction créneau. Les biologistes utilisent ces enceintes pour étudier les réponses d'un être vivant donné à une situation climatique donnée.

La propagation thermique étant un phénomène relaxé il nous a donc paru intéressant de voir si une thermo-période programmée permet de définir la variation thermique réelle dans l'espace, relativement grand, constitué par une enceinte climatisée.

Dans ce but, nous avons enregistré l'évolution des températures au niveau d'*Allium porum* dans une enceinte thermo programmée.

ENCEINTES PROGRAMMÉES

Les enceintes programmées du laboratoire sont construites sur le type « chambre froide » de boucherie de forme parallélépipédique : longueur 5 m, largeur 2 m, hauteur 3 m. Le chauffage est assuré par une batterie de résistances chauffantes élec-

triques ; le refroidissement par un groupe compresseur-évaporateur ; l'humidification par un vaporisateur d'eau. L'ambiance est homogénéisée par une ventilation intérieure.

A. — Système générateur et thermostat

Ces appareils sont situés à l'opposé l'un de l'autre, aux deux extrémités de la chambre sur les parois de 2 m $\times$ 3 m.

— Le système générateur (chauffage, refroidissement, humidification) est au fond de l'enceinte à 2 m du sol et à 1,5 m de la paroi.

— Le thermostat, placé sur la paroi opposée, à l'entrée de l'enceinte, est à 1,60 m du sol et à 0,05 m de la paroi.

Il est de type sonde à fils de platine branchée sur un pont à logomètre. A son niveau, le déplacement d'air créé par la ventilation a une vitesse de 0,50 m s⁻¹.

B. — Système d'éclairage

Ce système se compose de deux rampes de 12 tubes fluorescents (Philips blanc soleil TL 65 W 32) montées en vis-à-vis sur les parois latérales de l'enceinte. La luminosité assurée est de 400 lux.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

La thermopériode de l'enceinte est programmée à : 9 heures à 26°C (12 h à 21 h), 15 heures à 10°C (21 h à 12 h).

Photopériode : 9 heures à 400 lux, 15 heures obscurité.

Humidité relative constante : 70 p. 100.

Dans le milieu de l'enceinte et dans le sens de la longueur, nous plaçons une table sur laquelle nous disposons 4 poireaux phénotypiquement identiques, repiqués dans des pots de terre cuite de 3/4 de litre, remplis de terre humide.

Les pots sont situés à 70 cm du sol et séparés les uns des autres par une distance de 20 cm. Deux pots sont recouverts chacun par une boîte cylindrique en polystyrène percée de fenêtres grillagées. Cette boîte joue le rôle de cage pour les insectes (*Acrolepia assectella*) et est employée très souvent au cours de nos expériences.

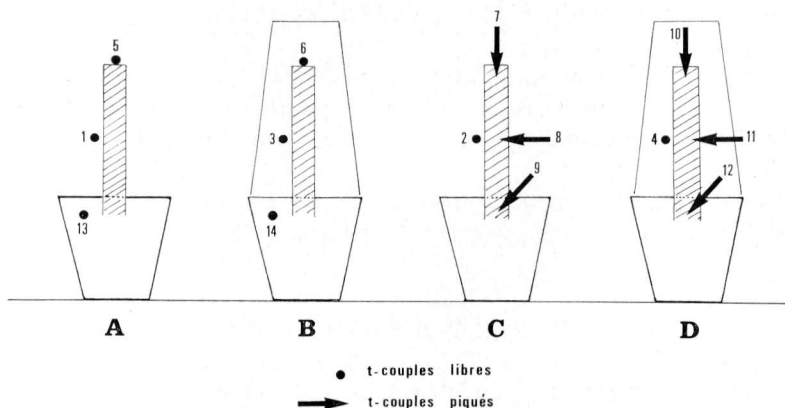


FIG. 1. — Disposition des thermo-couples
à différents niveaux des poireaux A, B, C, D placés dans l'enceinte programmée

Les températures en 14 endroits différents ont été enregistrées simultanément pendant 2 jours.

Les écarts de températures à divers niveaux des poireaux, dans la terre et dans les boîtes qui les couvrent, sont comparés à ceux obtenus dans les mêmes conditions mais sur des poireaux non recouverts (fig. 1).

Les températures sont repérées par des thermo-couples cuivre-constantan (diamètre 5/10 mm) et enregistrés par un potentiomètre à points qui assure la compensation thermique. L'ensemble couples, potentiomètre, diagramme, a été étalonné en bloc. Les 14 couples étant à la même température T , les points du diagramme s'alignent à moins de deux dixièmes de degré C près ($T \pm 1/10^\circ\text{C}$.)

Bien que ce montage soit moins précis que celui utilisant une référence stabilisée à 0°C , il est cependant suffisant puisque ce sont les différences de températures que l'on veut enregistrer.

Les températures indiquées par les thermocouples 1, 2, 3, 4 qui se trouvent soumis au rayonnement pendant les 9 heures de lumière n'ont pas été corrigées. Cette erreur peut en effet être négligée du fait de la faible intensité du rayonnement incident (400 lux) et du bon état de surface des soudures des couples.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Pour éviter une surcharge des diagrammes qui les rendraient illisibles, ceux-ci sont présentés par deux ou trois sur un même graphique sur lequel est rappelée la courbe théorique de la thermopériode 9 heures à 26°C , 15 heures à 10°C .

A. — *Variations comparées de la température programmée et de la température de l'air*

a) *Air libre* (couples 1 et 2 : poireaux A et C, fig. 2).

Ces thermo-couples donnent les températures ambiantes de l'enceinte à 1 cm des poireaux et à 10 cm de la surface des pots. Les résultats ne diffèrent pas de plus de $0,5^\circ\text{C}$, différences qui s'expliquent par les tourbillons et les mouvements de convection dans l'enceinte.

La moyenne des résultats enregistrés avec les deux thermo-couples est représentée par la courbe de la figure 2.

On peut constater qu'il existe une différence importante entre le tracé de la thermopériode programmée (en pointillé) et l'enregistrement réel.

Ainsi, bien que la période de chauffage commence à 12 heures, l'enceinte n'atteint les 26°C que plus de trois heures après, montant d'ailleurs à 27°C pour se stabiliser à 25°C .

Par contre, le refroidissement est plus efficace puisque la température théorique de 10°C est atteinte en moins de 1 h 30. Autrement dit les délais nécessaires Δt pour obtenir les variations $10^\circ\text{C}-26^\circ\text{C}$ et $26^\circ\text{C}-10^\circ\text{C}$ sont différents. Dans les deux cas, ils sont responsables d'une distorsion importante entre le programme théorique et l'évolution thermique réelle à l'intérieur de l'enceinte.

Or Δt dépend des caractéristiques du système réfrigérant, de la constitution physique des parois de l'enceinte, de son volume, du programme imposé et des propriétés des corps (végétal, animal, etc.) introduits dans la chambre programmée.

Ce Δt ne peut donc être identique dans des enceintes de constitution et d'équipement différents. Il s'avère donc important de le mentionner dans les comptes rendus expérimentaux.

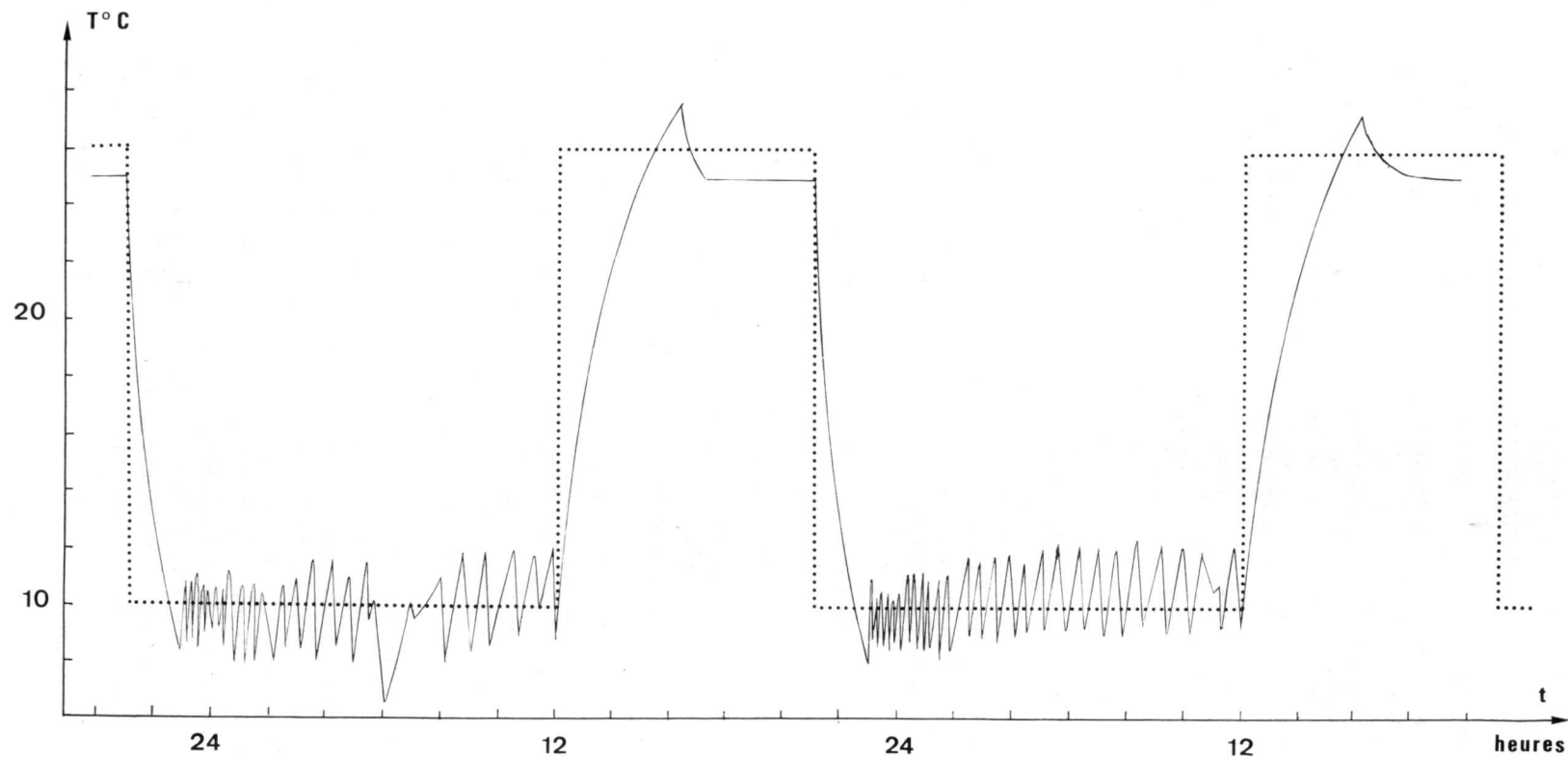


FIG. 2. — Moyenne des résultats enregistrés par les thermocouples 1 et 2
(température ambiante)

En pointillé la fonction créneau de la thermo-période théorique.
Noter la distorsion entre le programme théorique et l'évolution thermique réelle.

b) *Air dans les cages* (couples 3 et 4 : cages B et D, fig. 3).

Ces courbes représentent la température dans la « cage » couvrant les poireaux. Les différences sont faibles puisque les couples 3 et 4 sont placés à 10 cm de la surface des pots en des points homologues dans les cages B et D. Cependant en comparant avec la figure 2, l'effet de la cage sur le régime thermique de la chambre est mis en évidence. Les fluctuations thermiques qui caractérisent la période froide et le pic de 16 heures à la fin du réchauffement sont ici très amorties. L'évolution thermique à l'intérieur de la cage dépendant des propriétés thermiques de celle-ci, il est donc nécessaire de préciser dans toutes les expériences la nature et la forme des cages employées.

B. — *Variations comparées de la température programmée et de la température de la terre*

(couples 13 et 14 dans la terre des pots A et B, fig. 4)

Les couples 13 et 14 donnent les températures de la terre humide où sont plantés les poireaux. Les thermo-couples sont placés dans la terre à 2 cm de profondeur et à 4 cm du bord du pot. Les irrégularités constatées dans les enregistrements précédents (fig. 2, 3, 4) disparaissent complètement ; on peut constater en outre que la température de la terre ne dépasse pas 22°C pendant la période chaude au lieu des 26°C programmés : ceci s'explique par le fait que dans le régime transitoire considéré, a montée de température dans le sol est déphasée et amortie par rapport à celle de l'air (phénomène classique de la propagation de l'onde thermique dans le sol).

C. — *Variations comparées des températures de l'air avec et sans cage*

(couples 5 et 6, extrémités des poireaux A et B, fig. 5)

Les températures sont relevées à l'extrémité des poireaux A et B par des thermo-couples situés à une distance de 20 cm au-dessus de la surface des pots.

Le poireau A présente des variations thermiques plus marquées que le poireau B recouvert par la boîte en polystyrène. La présence de cette boîte entraîne un déphasage et un amortissement de l'oscillation thermique, ce qui confirme l'existence d'un « effet de cage » rencontré précédemment (relevé des couples 3 et 4, fig. 3).

On peut constater en outre que l'évolution des températures de l'apex du végétal est supérieure à celle enregistrée à mi-hauteur (couples 1, 3, 2, 4) et à celle de la base (couples 13 et 14). Il semblerait donc qu'il y ait un gradient thermique entre l'extrémité apicale et basale du poireau.

D. — *Profil des températures du végétal*

a) *Sans cage* (couples 7, 8, 9, fig. 6).

— Le thermo-couple 7 est glissé à une profondeur de 2 cm entre les feuilles supérieures du poireau C.

— Le thermo-couple 8 est placé à l'intérieur du végétal (blessure de 15 mm de profondeur et 0,8 mm de diamètre) et à mi-hauteur (10 cm au-dessus de la surface du pot).

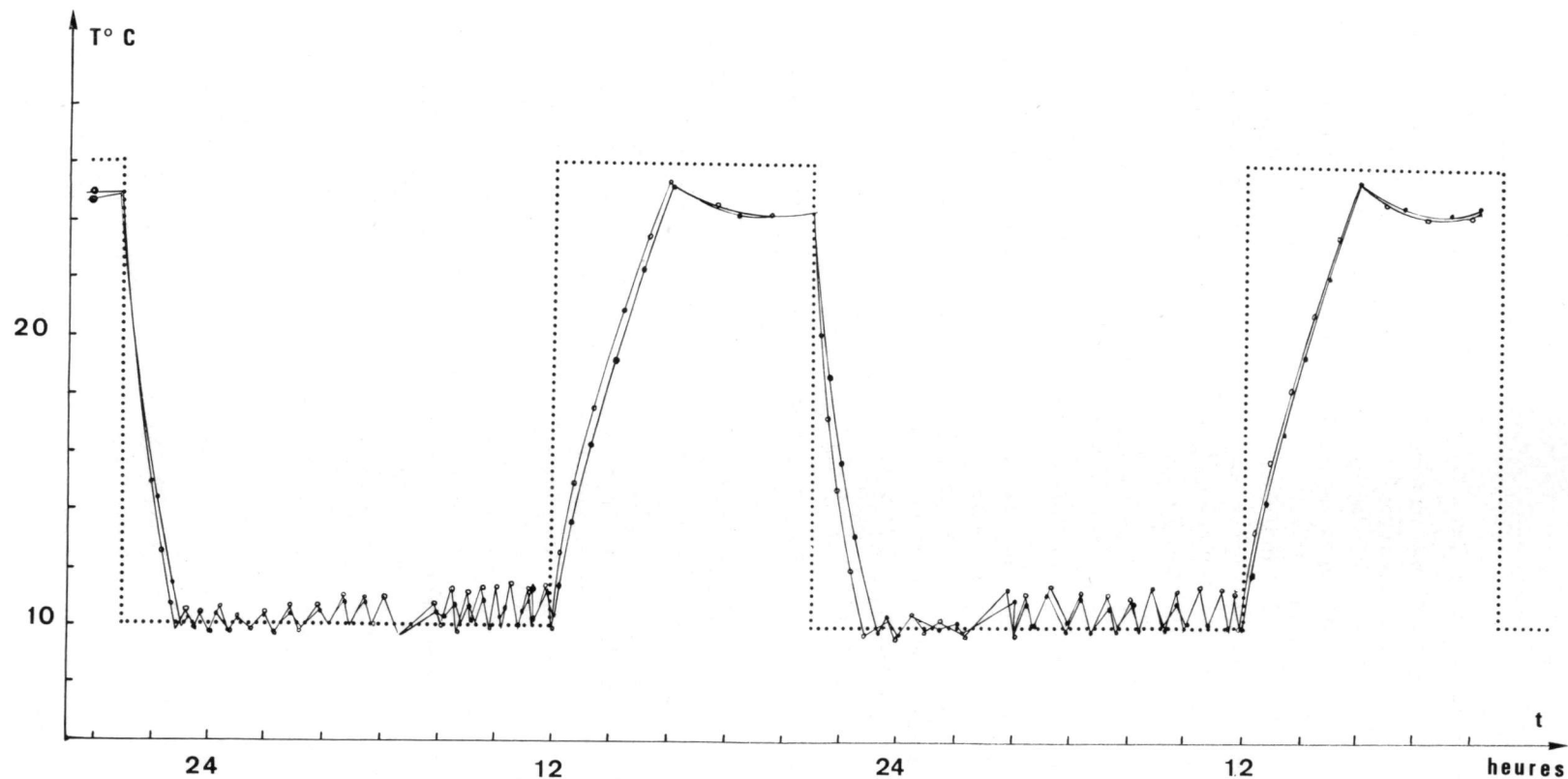


FIG. 3. — Évolution des températures enregistrée par les thermo-couples 3 et 4 à l'intérieur des cages B et D
En comparant ces enregistrements avec ceux de la figure 2 on peut noter l'amortissement des fluctuations thermiques déterminé par l'effet de cage.

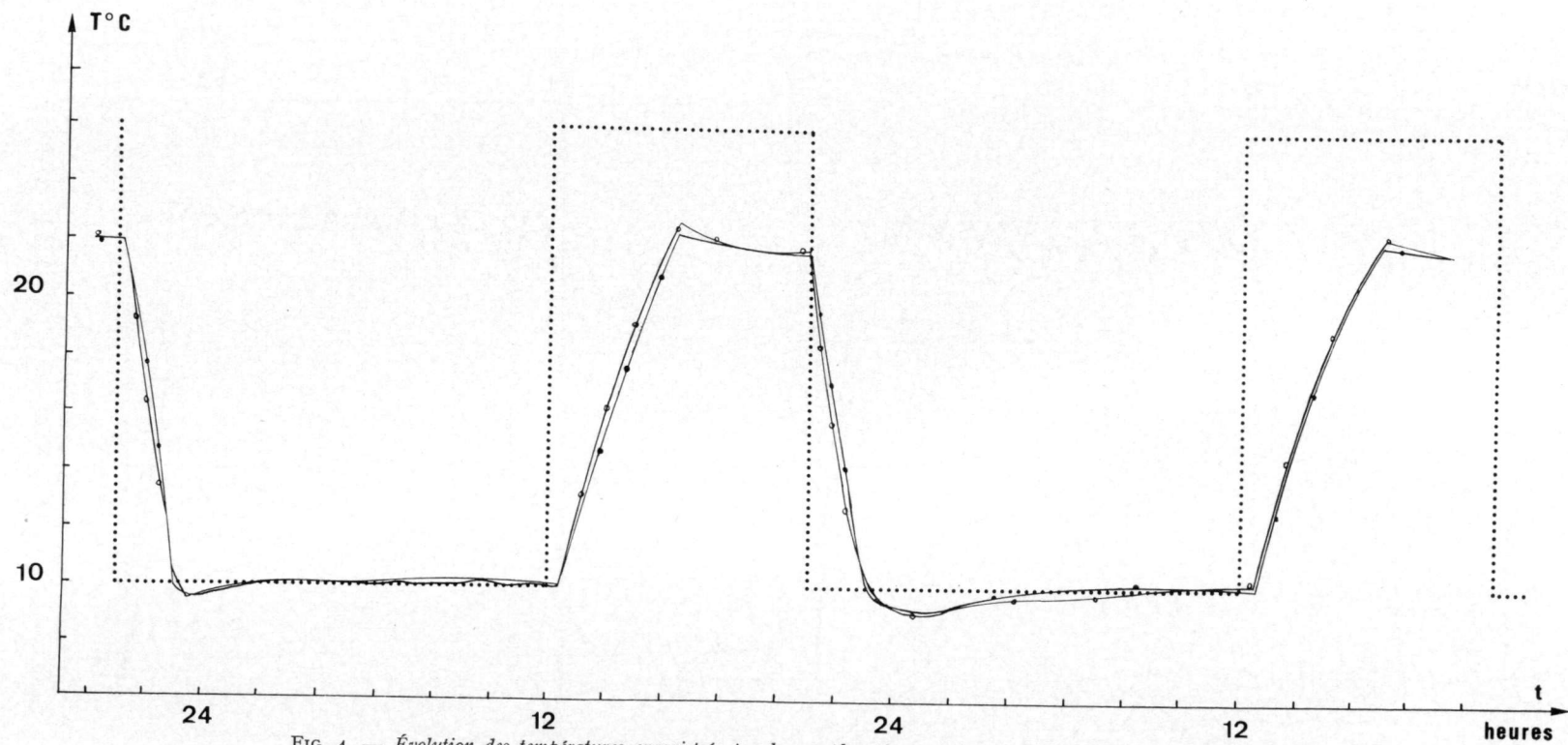


FIG. 4. — Évolution des températures enregistrée par les couples 13 et 14 dans la terre humide des pots A et B
Il y a suppression des fluctuations thermiques mais la température programmée n'est jamais atteinte pendant la période chaude.

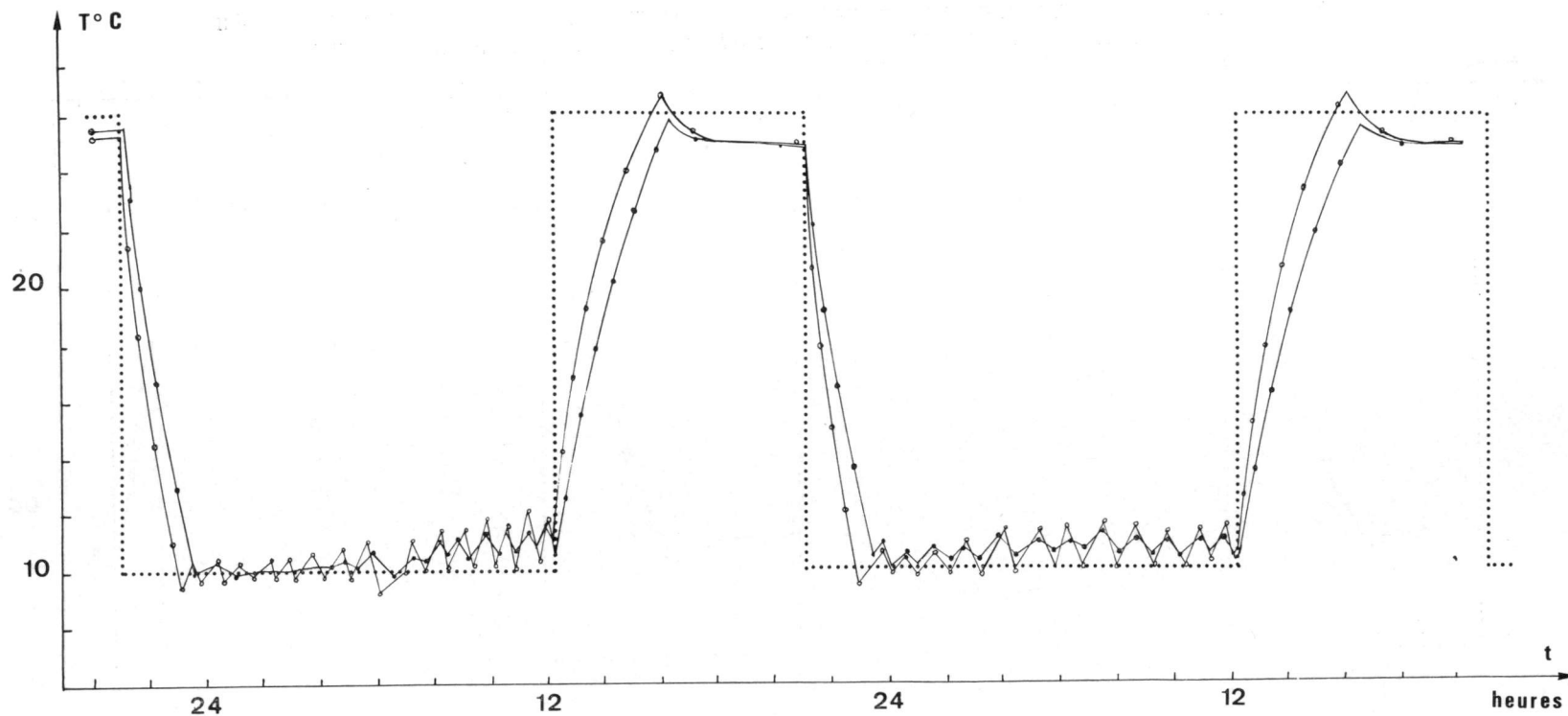


FIG. 5. — Évolution des températures à l'extrémité du poireau A et du poireau B
(thermo-couples 5 et 6)

Les fluctuations thermiques à l'extrémité du poireau A sont plus marquées que celles enregistrées à l'extrémité du poireau B (effet de cage).

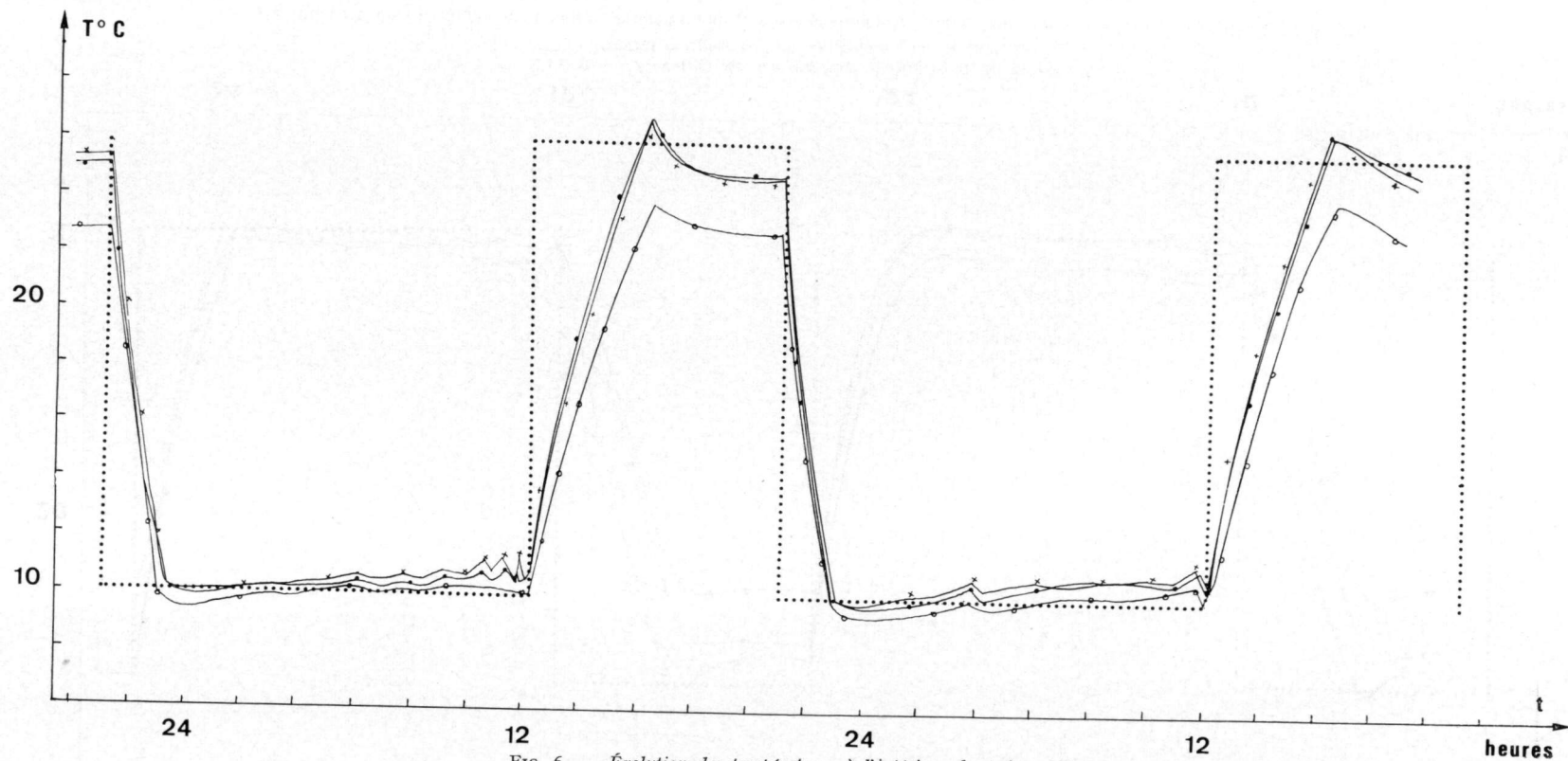


FIG. 6. — Évolution des températures à l'intérieur du poireau C
(thermo-couples 7, 8, 9 fichés dans le poireau)

La comparaison des évolutions thermiques à trois niveaux différents (extrémité, milieu, bas) montre l'existence d'un gradient thermique.

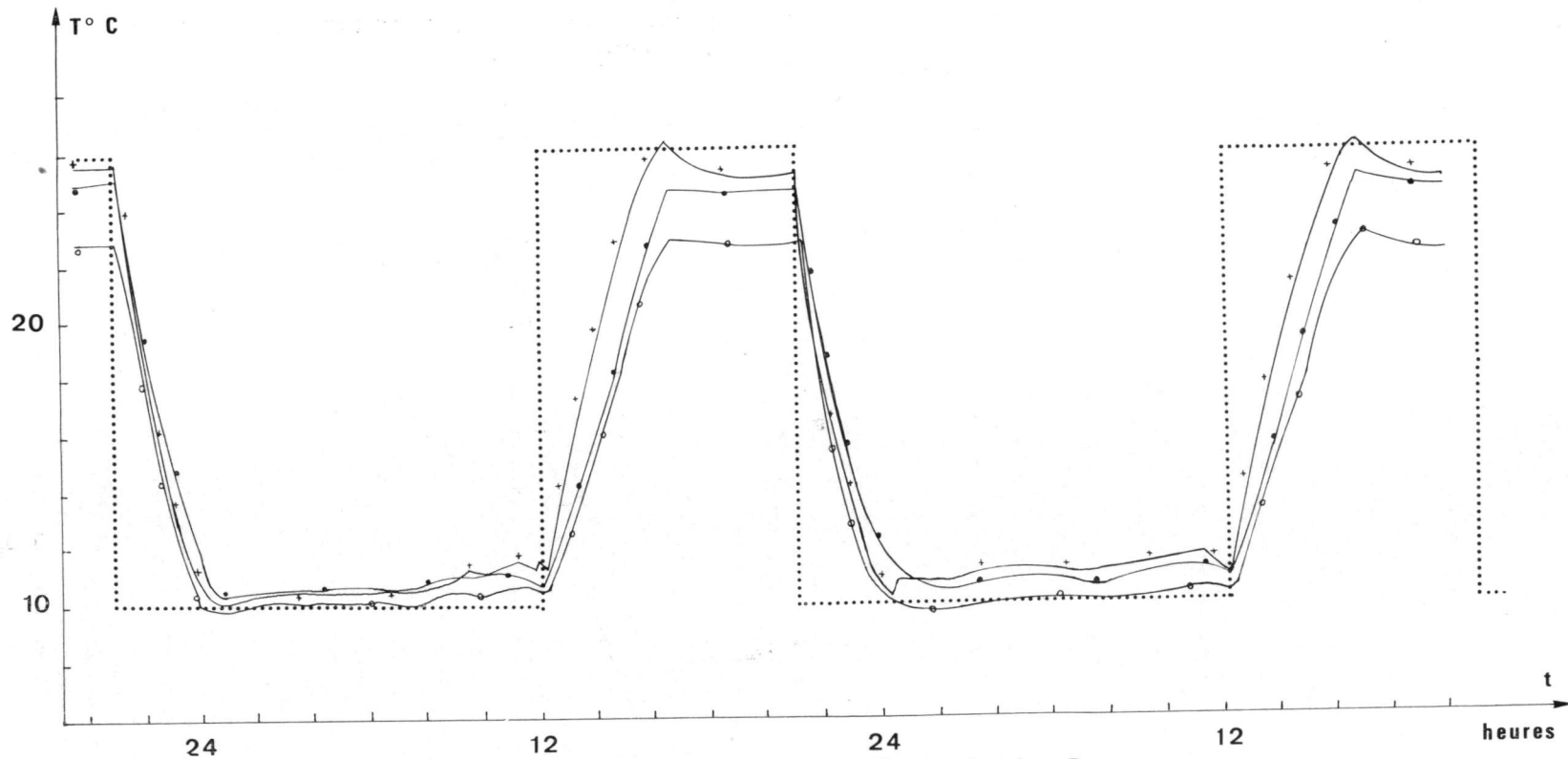


FIG. 7. — Évolution des températures à l'intérieur du poiréau D
(thermo-couples 10, 11, 12 fichés dans le poiréau)

Les fluctuations thermiques sont ici plus amorties mais il existe néanmoins, comme dans le cas précédent, un gradient thermique.

— Le thermo-couple 9 est introduit de la même manière dans le poireau, mais dans la partie basale enfouie dans la terre humide (distance par rapport à la surface du pot : 2 cm).

b) *Avec cage* (couples 10, 11, 12, fig. 7).

A l'intérieur du poireau D, les thermo-couples sont placés comme à l'intérieur du poireau C : positions identiques pour les thermo-couples 10 et 7 ; 11 et 8 ; 12 et 9.

Les résultats enregistrés dans ces conditions sur les poireaux C et D montrent qu'il existe un gradient thermique à l'intérieur même du végétal.

Ce gradient est particulièrement marqué pendant la période chaude : 26°C, période pendant laquelle la différence de température enregistrée par les couples 7, 9 et 10, 12 dépasse 2°C.

Ces gradients enregistrés dans des conditions de thermo-périodicité sont dus à l'hétérogénéité du système (terre humide, pot en terre cuite, poireau) et à l'évaporation dont l'effet est prononcé pendant la période chaude.

L'existence de ces gradients revêt une grande importance et ne peut être ignorée du biologiste puisqu'ils sont à l'origine de l'hétérogénéité climatique au niveau du végétal.

CONCLUSION

L'enregistrement de l'évolution des températures au niveau d'*Allium porum* placé dans une enceinte programmée met en évidence les faits suivants :

— distorsion entre la température programmée en créneau et les températures observées réellement aux différents points de l'enceinte et du végétal ;

— une inertie thermique qui se traduit par des déphasages et des amortissements : ceux-ci étant liés à la masse en eau du corps considéré et à sa conductivité thermique. Ce phénomène s'observe en particulier dans le sol et à un degré moindre sous cage. Il en résulte, à chaque instant l'existence de gradients thermiques.

La thermopériode utilisée dans une chambre programmée n'a donc en fait qu'une valeur expérimentale limitée puisque la réponse à la programmation de tout système placé dans l'enceinte est plus ou moins déformée et ne correspond jamais au programme théorique.

Il serait donc nécessaire d'indiquer dans les comptes rendus expérimentaux non seulement la thermo-période (x heures à T_0 et y heures à T_1) mais aussi :

— les délais nécessaires Δt pour obtenir les variations $T_0 - T_1$ et $T_1 - T_0$ qui sont généralement différents (cf. fig. 2) ;

— les caractéristiques des cages ou des boîtes où sont placés les êtres vivants étudiés.

Si l'on désire plus de précision, ce qui est le but de toute expérience, il est important d'indiquer la température en quelques points judicieusement choisis et sa variation au cours de la thermo-période.

Ces données permettraient d'éviter bien souvent les résultats contradictoires observés par différents auteurs sur certaines caractéristiques biologiques d'un même être vivant placé dans des conditions apparemment similaires. Ces contradictions

pouvant en effet découler tout simplement de systèmes de régulation différents des enceintes utilisées et de l'emploi de cages dissemblables.

Nous n'avons abordé ici que l'évolution thermique dans une enceinte programmée, mais il est vraisemblable que pour l'humidité relative dont le rôle est aussi important, les problèmes posés sont encore beaucoup plus complexes.

Une étude conjuguée de ces deux paramètres serait d'un grand intérêt puisqu'ils conditionnent la rigueur des conditions expérimentales.

Reçu pour publication en décembre 1972.

SUMMARY

THE TEMPERATURE FLUCTUATIONS AT THE PLANT LEVEL (*ALLIUM PORUM*) INSIDE A CONTAINER WITH PROGRAMMED THERMO-PERIOD

The temperatures registered during experiments programmed with a thermo-period are widely dispersed.

The deviations between several points of measure in a conditioned room are analyzed.

Because of the complexity of the process and the impossibility to realise a well-defined thermo-period, several indications are formulated in view of improving the reports of experiments with thermoperiod.

EXPÉRIENCES SUR LA PHYSIOLOGIE
DE LA REPRODUCTION
CHEZ *TETRANYCHUS NEOCALEDONICUS* ANDRÉ
(ACARIENS : *TETRANYCHIDAE*) ET CONSÉQUENCES
SUR LES POSSIBILITÉS DE LUTTE AUTOCIDE

J. GUTIERREZ

Laboratoire d'Entomologie,
Centre O. R. S. T. O. M. de Tananarive

RÉSUMÉ

Quatre séries d'expériences sur *T. neocaledonicus*, utilisant un marqueur génétique; permettent de penser que la physiologie de la reproduction de ce tétranyque est très proche de celle de *T. urticae*. Les doubles fécondations paraissent cependant encore moins fréquentes que chez *T. urticae*, en laboratoire et à peu près impossibles dans les conditions naturelles.

Une série d'essais de lutte par stérilisation des mâles aux rayons γ et un essai de lutte génétique *sensu stricto*, ont été ensuite entrepris. Les résultats se révèlent intéressants et soulignent l'importance de la compétitivité des mâles. L'introduction de mâles incompatibles a quelquefois des effets spectaculaires, mais cette opération nécessite, en général, des recherches préliminaires complexes. Il est conclu qu'en pratique, la technique de l'utilisation des mâles stériles, par sa mise en œuvre rapide, peut rendre davantage de services que la lutte génétique au sens strict.

INTRODUCTION

Depuis les travaux de BLAUVELT (1945), on sait que l'appareil génital des femelles de *Tetranychidae* comprend 2 ovaires réunis en un seul sac, un oviducte unique, un vagin et une vésicule séminale. Du fait de leur petite taille, la disposition exacte de ces organes était demeurée mal connue jusqu'à une date récente, tandis que le mécanisme de la fécondation des œufs est encore l'objet d'hypothèses.

On a longtemps cru que le réceptacle séminal était relié à la partie postérieure du vagin par l'intermédiaire d'un canal étroit (BLAUVELT, 1945 ; ANWARULLAH, 1963 ; DOSSE et LANGENSCHIEDT, 1964). C'est VAN EYNHOVEN (communications person-

nelles citées par HELLE, 1967, puis par SMITH et BOUDREAUX, 1972), qui, le premier, observa chez plusieurs espèces de *Tetranychidae*, l'unique canal reliant le réceptacle séminal à l'extérieur et aboutissant à un pore distinct de l'orifice génital.

L'observation de VAN EYNHOVEN a été confirmée, à l'aide de coupes histologiques par SMITH et BOUDREAUX (1972) sur 5 espèces de *Tetranychini* dont *Tetranychus urticae* KOCH et *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ. Les mêmes auteurs pensent que lors de la copulation, le mâle insère son édeage dans le pore cité précédemment ; à la suite d'autoradiographies de femelles de *T. neocaledonicus* accouplées à des mâles dont le sperme a été préalablement marqué par un traceur radioactif, ils émettent l'hypothèse suivant laquelle les spermatozoïdes quittent la spermathèque et se déplacent dans l'hémolymphe jusqu'aux ovaires où ils fécondent les oocytes.

La connaissance des processus de la fécondation chez les tétranyques, nous paraît extrêmement importante dans la perspective de l'utilisation des techniques de lutte autocide (FÉRON, 1963) ou de l'emploi, peut-être plus immédiat, des chimio-stérilisants. Le mode de reproduction de ces acarïens par parthénogenèse arrhénotoque, favorise particulièrement le développement des phénomènes de résistance aux acaricides (HELLE, 1965 et 1968) et l'on ne doit négliger aucun des moyens d'intervention qui nous sont offerts.

Si morphologiquement les appareils génitaux des femelles de *T. urticae* et de *T. neocaledonicus*, sont relativement voisins, nous avons pensé que du point de vue physiologique, il pourrait y avoir des différences entre ces deux espèces. *T. neocaledonicus* se reproduit de façon continue en zone intertropicale, alors que *T. urticae* est une espèce de pays tempéré, dont le cycle annuel présente une période de diapause plus ou moins longue. *T. neocaledonicus* a aussi une particularité qui n'existe pas chez *T. urticae* : le rythme de ponte des femelles fécondées est différent de celui des femelles vierges (GUTIERREZ, 1967 ; GUTIERREZ et VAN ZON, 1972).

HELLE (1967) a publié une série d'expériences sur la fécondation chez *T. urticae* et cet auteur a abouti à un certain nombre de conclusions : il a notamment prouvé que la fécondation des oocytes se produisait dès les premiers stades de leur développement et que, dans la majorité des cas, seule la première copulation était efficace.

A partir du moment où nous disposions d'un marqueur génétique pour *T. neocaledonicus* (mutation trouvée par A. Q. VAN ZON en 1967 — non publié), nous pouvions reproduire sur cette espèce les expériences déjà réalisées sur *T. urticae*.

Nous avons, dans un premier temps, repris en les complétant, les expériences effectuées par HELLE (1967), de façon à procéder à une comparaison précise de la physiologie de la reproduction chez ces 2 espèces, puis nous avons entamé une série d'essais visant à exploiter, chez *T. neocaledonicus*, les possibilités de lutte entrevues.

I. — MATÉRIEL ET CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

A. — Souches

Nous avons utilisé 2 souches de *T. neocaledonicus* :

- l'une provient de Madagascar : Ihosy, alt. 750 m, où elle a été prélevée sur *Gossypium hirsutum* L. :

— l'autre provient de Louisiane (U. S. A.) : Bâton Rouge, où elle a été élevée pendant plusieurs années sur *Phaseolus* sp.

A partir de la souche Louisiane « wild », A. Q. VAN ZON, du Laboratoire d'Entomologie appliquée de l'Université d'Amsterdam, a obtenu, en 1967, la mutation « white eye ». Les individus marqués ont la particularité d'avoir les yeux non pigmentés tandis que l'hémolymph a une pigmentation normale. Cette mutation étant récessive, le génotype des femelles « white eye » est désigné par $WeWe$, celui des mâles par We , tandis que les individus « wild » correspondants ont le génotype We^+We^+ et We^+ .

B. — Conditions générales des essais

Deux techniques d'élevage ont été employées : élevage dans des logettes en plexiglas (GUTIERREZ, 1967) et élevage sur des feuilles détachées isolées (VAN ZON et HELLE, 1967).

Nous avons utilisé comme matériel végétal, des feuilles terminales de cotonnier, obtenues à partir d'une culture hydroponique en bacs à niveau constant, selon la technique de BRAUD (1967). Les expériences et les élevages ont été suivis dans une salle où la température était maintenue aux environs de 25°C, tandis que l'hygrométrie ambiante variait de 60 à 70 p. 100.

II. — EXPÉRIENCES SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

A. — Détermination de l'intervalle de temps s'écoulant entre l'accouplement et la ponte d'œufs fécondés

1. Matériel et méthodes.

— Matériel : souche Ihosy et souche Louisiane du type « wild ».

— Méthode : sur une feuille détachée de cotonnier, nous avons élevé 150 œufs non fécondés, obtenant ainsi près de 150 jeunes mâles. Parallèlement à cette opération, nous avons prélevé sur chacune de nos souches 54 teliocrysalides (R_3) destinées à donner des femelles, que nous avons déposées individuellement dans une logette en plexiglas. Les R_3 ont donné des femelles, qui lorsqu'elles avaient 3 ou 4 jours, ont été déposées chacune à leur tour sur la feuille isolée supportant les mâles. L'accouplement s'est produit immédiatement, et, sitôt terminé, les femelles ont été replacées isolément dans une logette. L'heure exacte de la fin de l'accouplement a été notée pour chaque femelle. Nous avons laissé séjourner les femelles pendant 2,5 heures dans une première logette, avant de les transférer dans une seconde logette, pour une durée de 1,5 heure, puis dans une troisième pour 3,5 heures et enfin, dans une quatrième pour 16,5 heures.

Les œufs déposés par les femelles dans les différentes logettes, ont été ensuite élevés, de façon à déterminer le sexe de la descendance, c'est-à-dire, en fait de manière à savoir si les œufs avaient été fécondés ou non.

2. Résultats et discussion (tabl. 1).

Pour les 2 souches, les premiers œufs fécondés sont déposés entre 4 et 7,5 heures après la copulation. La proportion d'œufs fécondés, constatée habituellement pendant les premiers jours de ponte des jeunes femelles, n'apparaît que 7,5 heures après l'accouplement.

La légère différence observée entre les 2 souches, provient simplement du fait

que chacune d'elles a son propre rythme de ponte. Nous avons déjà remarqué (GUTIERREZ et VAN ZON, 1973), que dans des conditions identiques et sur cotonnier, la souche Louisiane pondait légèrement moins que la souche Ihosy.

TABLEAU I

Nombre d'œufs haploïdes (mâles) et diploïdes (femelles), obtenus à partir de femelles fécondées des souches Ihosy et Louisiane, déposés à différents intervalles de temps après la copulation

Le nombre N indique le nombre de femelles testées

Intervalle de temps (en heures) après la copul.	Composition de la descendance					
	Souche Ihosy N = 45			Souche Louisiane N = 48		
	Nombre de ♂	Nombre de ♀	% de ♀	Nombre de ♂	Nombre de ♀	% de ♀
0-2,5	20	0	—	15	0	—
2,5-4	18	0	—	11	0	—
4-7,5	41	28	41	31	5	14
7,5-24	74	255	78	53	164	76

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par HELLE, on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différence entre *T. urticae* et *T. neocaledonicus*, du point de vue de l'intervalle de temps s'écoulant entre l'accouplement et le dépôt d'œufs fécondés.

B. — *Existe-t-il un processus de blocage des spermatozoïdes, à la suite du premier accouplement ?*

I. *Matériel et méthode.*

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : de jeunes femelles vierges, du type « white eye » (*WeWe*), sont présentées successivement à des mâles du type « white eye » (*We*), puis à des mâles du type « wild » (*We⁺*). L'étude de la composition de la descendance des femelles, doit permettre de décider s'il y a blocage des spermatozoïdes à la suite du premier accouplement.

Comme pour *T. urticae*, le premier accouplement se fait presque immédiatement après le dépôt de la femelle, mais le second présente souvent des difficultés. Nous avons fait varier l'intervalle de temps s'écoulant entre les deux opérations, de 5 minutes à 5 jours. Remarquons tout de suite, que nous avons pu obtenir des accouplements successifs plus rapprochés que chez *T. urticae* où l'intervalle minimum entre 2 copulations est de 20 minutes.

En pratique, nous disposions de 2 feuilles de cotonnier détachées, sur lesquelles

se trouvaient 20 jeunes mâles « white eye » pour l'une et 20 jeunes mâles « wild » pour l'autre.

Cinquante jeunes femelles ont été déposées successivement au milieu des mâles « white eye », puis au milieu des mâles « wild », enfin élevées chacune séparément sur une feuille isolée de façon à étudier la composition de leur descendance.

2. Résultats et discussion.

Tous les descendants mâles ont le type maternel « white eye ». La composition de la descendance femelle est indiquée, tableau 2.

TABLEAU 2

*Composition de la descendance femelle de femelles « white eye » (WeWe),
accouplées successivement avec des mâles « white eye » (We)
puis avec des mâles « wild » (We⁺),
différents intervalles de temps s'écoulant entre les 2 opérations*

Intervalle de temps écoulé entre les 2 accouplements	Nombre de ♀ testées	Nombre de ♀ dont la descendance ♀ est homogène	
		Type WeWe	Type We+We
5 mn	5	4	1
10 mn	5	4	1
20 mn	6	6	0
30 mn	1	1	0
40 mn	2	2	0
1 h	5	5	0
1 h 30	4	4	0
2 h	6	5	1
24 h	5	4	1
5 jours	7	6	1
Totaux	46	41	5

Comme pour *T. urticae*, les modifications de l'intervalle de temps séparant les 2 accouplements, semblent avoir peu d'influence sur le succès ou l'échec de la seconde copulation.

Une différence très importante apparaît cependant, les filles provenant d'une même femelle ont toutes le même phénotype, si bien qu'il semble que sur les 2 accouplements, un seul soit susceptible de réussir et d'entraîner la fécondation.

Sur les 50 femelles initiales, 4 ont été perdues au cours des manipulations ou

sont mortes sans avoir pondu, les 46 autres ont pondu une cinquantaine d'œufs, en moyenne. Pour 41 femelles, tout se passe comme si, seule la première fécondation était intervenue. Pour les 5 autres, il semble qu'en réalité, le premier accouplement n'ait été qu'apparent, seul le second a entraîné la fécondation et la formation de femelles hétérozygotes We^+We .

Nous pensons que c'est le fait de prendre de très jeunes femelles, qui nous a permis d'obtenir des accouplements successifs plus rapprochés que chez *T. urticae*, HELLE prenant des femelles âgées de 3 jours. L'homogénéité de la descendance femelle, qui n'apparaît pas chez *T. urticae*, laisse supposer l'existence d'un facteur empêchant toute fécondation à la suite d'une copulation réussie.

Nous avons complété cette expérience par un essai permettant d'éviter une appréciation erronée de la valeur du premier chevauchement.

Sur une feuille isolée, au milieu de 30 jeunes femelles vierges, du type « white eye » ($We We$), nous avons déposé 10 jeunes mâles « white eye » (We), ce qui correspond sensiblement à la proportion des représentants des 2 sexes dans la nature.

Nous avons laissé les tétranyques s'accoupler pendant 4 heures, puis nous avons retiré les mâles. Vingt-quatre heures après le début de cet essai, nous avons déposé sur la feuille, 10 autres jeunes mâles du type « wild » (We^+), nous avons laissé les acariens s'accoupler pendant 6 heures, puis nous avons retiré ces mâles. Nous avons ensuite élevé les femelles comme précédemment, sur feuilles isolées pour étudier la composition de leur descendance femelle.

Nous avons effectué cette expérience 2 fois et les résultats sont indiqués tableau 3.

TABLEAU 3

Composition de la descendance femelle de femelles « white eye » ($WeWe$), accouplées successivement avec des mâles « white eye » (We) puis avec des mâles « wild » (We^+), à 24 heures d'intervalle

	Nombre de ♀ testées	Nombre de ♀ noyées ou mortes sans ponte	Nombre de ♀ dont la descendance ♀ est homogène	
			Type $WeWe$	Type We^+We
1 ^{er} essai	30	5	24	1
2 ^e essai	30	3	26	1

Nous avons confirmation de l'expérience précédente, en ce sens que les filles provenant d'une même femelle ont toutes le même phénotype. Le premier accouplement a pratiquement entraîné toutes les fécondations, excluant les tentatives de fécondation de la part des mâles We^+ . On peut considérer que la proportion d'échecs n'est alors que de l'ordre de 4 p. 100 ($1/24$ et $1/26$).

C. — Détermination du nombre de femelles
susceptibles d'être fécondées par un seul mâle

1. Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et souche marquée qui en dérive.

— Méthode : un jeune mâle « white eye » (We), sorti un jour auparavant est mis en présence d'une série de jeunes femelles « white eye » (WeWe), pendant 2 jours de suite. Sitôt la copulation terminée, les jeunes femelles sont déposées au milieu d'un grand nombre de mâles « wild » (We⁺). On examine ensuite la composition de la descendance femelle des jeunes femelles.

En pratique, on dispose de 2 feuilles détachées de cotonnier avec, sur l'une un seul mâle « white eye » isolé depuis sa sortie et sur l'autre 20 mâles « wild » également isolés depuis leur sortie. On dépose une jeune femelle vierge sur la première feuille, la fécondation se produit assez rapidement, on note l'heure de la fin de la copulation et la jeune femelle est reprise pour être déposée au milieu des mâles « wild ». Après le second accouplement, la jeune femelle est élevée sur une feuille isolée. Une seconde jeune femelle subit alors le même sort et ainsi de suite, jusqu'à ce que le mâle « white eye » testé, devienne apparemment indifférent à l'attractivité sexuelle des femelles. Vingt-quatre heures après le début de cette expérience, on recommence la même opération, en présentant au même mâle une nouvelle série de jeunes femelles.

2. Résultats et discussion (tabl. 4).

Nous avons testé de façon identique 4 mâles. Le nombre de femelles fécondées varie légèrement d'un mâle à l'autre et est généralement plus faible le second jour. Nous avons pu croiser, au maximum, 10 femelles avec le même mâle en 1 heure 50 minutes.

Sur les 59 jeunes femelles que nous avons élevées : 4 sont mortes sans avoir pondu, 42 avaient uniquement des filles « white eye », 4 uniquement des filles « wild » hétérozygotes, 9 enfin, avaient à la fois des filles du type « wild » et du type « white eye ».

L'analyse de la descendance d'une même femelle, fait apparaître pour la première fois, dans cette série d'essais, un mélange de femelles des 2 types, ce qui prouve qu'il n'y a pas de « barrière » entraînant le blocage des spermatozoïdes à la suite du premier accouplement.

Comme chez *T. urticae*, les doubles fécondations apparaissent, soit accidentellement (femelle 2, du mâle III), soit par suite de l'épuisement du mâle « white eye » testé. Cet épuisement plus rapide et plus fréquent le second jour, peut conduire à l'inefficacité complète du premier accouplement.

Le nombre de femelles fécondées le premier et le second jour est du même ordre que chez *T. urticae*. On doit remarquer cependant que le nombre de succès du premier accouplement est plus élevé pour *T. neocaledonicus* (76,4 p. 100) que pour *T. urticae* (55,6 p. 100).

En réalité, les accouplements ne se produisent jamais à ce rythme puisque dans une colonie de tétranyques, les mâles fécondent les femelles au fur et à mesure de leur sortie. Étant donnée la proportion de mâles, il y a souvent plusieurs mâles autour d'une même téliochrysalide.

Pour étudier les possibilités de doubles fécondations dans des conditions plus naturelles, nous avons effectué une quatrième expérience.

TABLEAU 4

*Test d'épuisement de 4 mâles « white eye » :
étude de la descendance de jeunes femelles « white eye » (WeWe),
présentées successivement à un mâle « white eye » (We) et à plusieurs mâles « wild » (We+)*

♀ N°	Mâle I						Mâle II					
	1 ^{er} jour			2 ^e jour			1 ^{er} jour			2 ^e jour		
	Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁	
		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We
1	14 30	100	0	14 20	100	0	15 00	100	0	15 00	100	0
2	15 00	100	0	14 30	100	0	15 10	100	0	15 20	100	0
3	15 30	100	0	14 50	100	0	15 30	100	0	15 40	Sans ponte	
4	15 40	100	0	15 05	44	56	15 40	100	0	16 15	100	0
5	15 50	100	0	15 30	100	0	15 45	100	0	16 20	33	67
6	16 40	100	0	15 40	0	100	16 00	Sans ponte		16 45	20	80
7	17 00	100	0				16 10	100	0			
8	17 10	100	0				16 40	100	0			

♀ N°	Mâle III						Mâle IV					
	1 ^{er} jour			2 ^e jour			1 ^{er} jour			2 ^e jour		
	Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁		Heure de copul.	% de ♀ en F ₁	
		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We
1	15 00	100	0	14 45	100	0	15 00	100	0	14 50	100	0
2	15 20	23	77	15 00	6	94	15 20	100	0	15 00	100	0
3	15 40	100	0	15 10	Sans ponte		15 40	Sans ponte		15 15	100	0
4	16 05	100	0	15 15	100	0	15 55	100	0	15 35	100	0
5	16 15	100	0	15 30	100	0	16 05	100	0	16 10	15	85
6	17 20	0	100	15 40	0	100	16 15	100	0	17 05	33	67
7				15 55	100	0	16 30	100	0	17 20	7	93
8				17 15	0	100	16 40	36	64			
9							16 45	100	0			
10							16 50	100	0			

D. — Détermination du taux naturel de doubles fécondations

1. Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : de jeunes femelles « white eye », élevées en même temps qu'un nombre équivalent de femelles du type « wild » sont mises en présence de mâles « wild » et de mâles « white eye ». Les proportions de tétranyques des deux sexes correspondent à celles que l'on trouve normalement dans la nature. Les accouplements se produisent à un rythme et dans un sens non imposés.

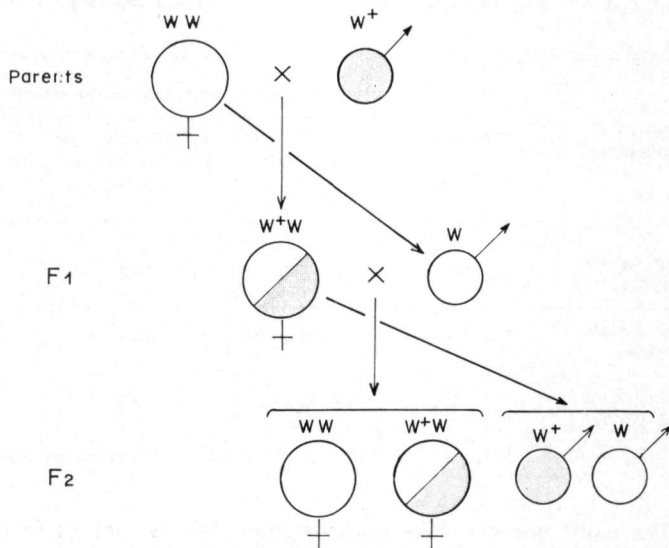


FIG. 1. — Composition des générations successives précédant la population (F₂) dont la descendance est analysée au cours de l'essai n° 4

A partir d'un croisement : femelles « white eye » ($WeWe$) $\times$ mâles « wild » (We^+), on obtient une F₁ composée de femelles hétérozygotes à phénotype « wild » (We^+We) et de mâles parthénogénétiques « white eye » (We).

La F₂ entraîne la ségrégation des caractères : nous obtenons des femelles « white eye » ($We We$) et des femelles « wild » (We^+We), en même temps que des mâles « white eye » (We) et « wild » (We^+). Nous avons schématisé, figure 1, la composition des générations successives permettant d'obtenir cette F₂ dont on étudie la descendance.

Pour la réalisation de ces opérations, on laisse pondre 40 femelles « white eye » fécondées au préalable par 20 mâles « wild », de façon à obtenir environ 300 œufs. On obtient ainsi 240 femelles « wild » (We^+We) et 51 mâles « white eye » (We). Une ponte de moins de 24 heures de ces femelles hétérozygotes nous permet d'obtenir environ 500 œufs. L'élevage groupé de ces œufs nous donne, en même temps qu'un grand nombre de femelles, 52 mâles « wild » (We^+) et 54 mâles « white eye » (We). Quelques télio-chrysalides femelles trop précoces ou trop tardives sont détruites. Deux jours après leur sortie, on prélève 100 femelles du type « white eye » que l'on élève chacune séparément sur une feuille isolée de façon à étudier la composition de leur descendance.

2. Résultats et discussion (tabl. 5).

Sur les 100 femelles, 2 ont été perdues au cours des manipulations et 3 sont mortes sans avoir pondu. Les 95 femelles restantes ont déposé, en moyenne, 40 œufs chacune et nous avons examiné les femelles obtenues à partir de ces œufs.

TABLEAU 5

Composition de la descendance femelle, de femelles « white eye » (WeWe), fécondées par une population mâle comprenant à la fois des individus « white eye » (We) et des individus « wild » (We+)

Composition de la descendance	Femelles dont la descendance est étudiée			
	Nombre en valeur absolue	P. 100 obtenu	P. 100 théorique en cas de complète ségrégation	P. 100 théorique en cas de double insémination
Uniquement formée de ♀ We+We	42	44,2	49,1	24,1
Uniquement formée de ♀ WeWe	53	55,8	50,9	25,9
Combinaison de ♀ We+We et WeWe	0	0,0	0,0	50,0

42 femelles n'ont que des filles hétérozygotes (We+We) et 52 femelles uniquement des filles « white eye » (WeWe). Pour aucune femelle nous n'avons observé le mélange des 2 types de filles.

Sur le tableau 5, nous avons comparé les pourcentages obtenus aux pourcentages théoriques, en cas de ségrégation complète, et en cas de double insémination. Les valeurs obtenues permettent de constater que, dans les conditions de cet essai, nous avons eu complète ségrégation. Il apparaît également que les femelles « white eye » ont été fécondées indifféremment par des mâles « white eye » ou par des mâles « wild ».

Dans l'expérience similaire tentée sur *T. urticae*, quelques femelles avaient une descendance mixte (3 sur 97), si bien que 3,1 p. 100 des femelles avaient subi effectivement une double insémination, chiffre qui aurait pu atteindre la valeur de 49,6 p. 100 en cas de double insémination généralisée.

Les doubles fécondations ne sont, par conséquent, pas absolument impossibles chez *T. neocaledonicus* mais le phénomène ne se produit que dans des conditions artificielles.

Si l'on veut résumer les résultats des 4 expériences précédentes, il apparaît que pour *T. neocaledonicus*, comme pour *T. urticae*, les pontes d'œufs fécondés débutent très rapidement après l'insémination (expérience 1). En outre, comme chez *T. urticae*, un seul mâle a la possibilité de féconder 5 à 10 femelles en un intervalle relativement bref, de 2 à 3 heures (expérience 3).

Les expériences 2 et 4 montrent que les doubles fécondations ne se produisent pratiquement jamais chez *T. neocaledonicus*, alors que l'on peut en obtenir à un faible taux chez *T. urticae*.

Ces résultats nous ont paru susceptibles d'être exploités dans les méthodes de lutte biologique par utilisation de mâles stériles ou de mâles incompatibles. Nous avons entamé une autre série d'expériences destinées à amorcer l'exploitation de ces particularités de la reproduction.

III. — ESSAIS D'APPLICATION DES PARTICULARITÉS DE LA REPRODUCTION

Nous venons de voir que la physiologie de la reproduction de *T. neocaledonicus* semblait favorable à l'utilisation des méthodes de lutte autocide. La production en masse de mâles ne pose pas de problèmes pour cette espèce à parthénogenèse arrhénotoque, mais que l'on stérilise les mâles ou que l'on emploie des mâles incompatibles, il faut dans les deux cas, obtenir des individus compétitifs avec les mâles de la souche à atteindre.

Nous avons essayé de vérifier les résultats précédents en les appliquant à des cas concrets, tout en abordant la question de la compétitivité des mâles.

A. — Lutte par utilisation de mâles stériles

La stérilisation des mâles de tétranyques peut être obtenue par irradiation aux rayons X ou aux rayons γ .

HENNEBERRY (1964), sur *T. urticae* et BEAVERS *et al.* (1971), sur *Panonychus citri* (MCGREGOR) ont déjà réalisé un certain nombre d'irradiations à différentes doses de rayons γ . Pour *T. neocaledonicus*, nous avons tenté un seul essai de stérilisation aux rayons X, à la dose de 41 kR (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972). Ayant eu la possibilité d'utiliser la bombe au cobalt 60, du laboratoire des radio-isotopes de l'Université de Tananarive, nous avons commencé par effectuer quelques essais d'irradiation avant de nous intéresser au problème de la compétitivité des mâles irradiés vis-à-vis des mâles normaux.

1. Irradiation de mâles aux rayons γ .

a) Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : 80 jeunes femelles « white eye » élevées sur une feuille isolée sont fécondées par 20 mâles « wild » préalablement irradiés. Le nombre de mâles a été choisi de façon à respecter la sex-ratio des colonies de cette espèce dans la nature. Pour l'irradiation elle-même, de jeunes mâles, âgés d'un jour, sont exposés à une source radioactive de cobalt 60, débitant 1 500 R par minute. Tenant compte des résultats obtenus par HENNEBERRY (1964) et par BEAVERS *et al.* (1971), sur d'autres espèces, nous n'avons employé que des doses de 27, 31, 37 et 41 kR.

Mâles et femelles sont déplacés tous les jours sur une nouvelle feuille, les œufs sont comptés et élevés, de façon à analyser la composition de la descendance. Le fait

d'avoir utilisé des mâles du type « wild » et des femelles « white eye », nous permet de distinguer, dès leur naissance, les larves destinées à donner des mâles, de celles qui donneront des femelles : les mâles sont tous du type « white eye » (We) tandis que les femelles sont toutes hétérozygotes (We⁺We).

b) *Résultats et discussion* (tabl. 6).

Les femelles ont pondu, en moyenne, un peu plus d'une trentaine d'œufs chacune et apparemment le taux d'irradiation n'a pas eu d'influence sur la quantité d'œufs déposés. On peut en tirer immédiatement la conclusion que toutes les femelles ont été, par conséquent, fécondées (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972).

TABLEAU 6

*Effets sur la composition de la F₁,
de l'irradiation aux rayons γ de mâles de T. neocaledonicus*

Parents 80 ♀ × 20 ♂ WeWe We ⁺ Dose d'irradiation des ♂	F ₁			
	Total des œufs déposés	Composition en %		
		♀ We ⁺ We	♂ We	Œufs non viables
0 kR	2 524	76,4	21,7	1,9
27 kR	2 683	10,4	25,6	64,0
31 kR	2 412	0,0	46,9	53,1
37 kR	2 793	0,0	42,3	57,7
41 kR	2 403	0,0	44,9	55,1

A 27 kR, la descendance comporte encore quelques femelles (10,4 p. 100) et une proportion de mâles, à peine supérieure à la normale (25,6 p. 100) tandis que nous obtenons un très fort pourcentage d'œufs non viables (64,0 p. 100).

Pour les doses de 31, 37 et 41 kR, la descendance ne comprend plus de femelles, le pourcentage d'œufs non viables diminue légèrement, mais celui des mâles augmente considérablement et dépasse 40 p. 100. Il est très probable que ces doses entraînent une atténuation de l'activité du sperme ou la destruction d'une partie des spermatozoïdes, si bien que la proportion d'œufs fécondés, tous non viables dans ce cas, n'est plus que de l'ordre de 50 p. 100.

Deux remarques sont à faire :

— A dose égale, les rayons γ ont une action plus marquée que les rayons X dont la longueur d'onde est plus grande. A 41 kR, aux rayons X, nous avons obtenu 21,4 p. 100 de mâles et 78,6 p. 100 d'œufs non viables alors qu'ici nous avons 44,9 p. 100 de mâles et seulement 55,1 p. 100 d'œufs non viables.

— Nous avons élevé jusqu'au stade adulte un certain nombre de larves issues

de l'essai à 27 kR. A partir de 80 femelles et de 20 mâles, nous avons obtenu une F_2 composée de 2,2 p. 100 d'œufs morts, de 73,8 p. 100 de femelles et de 24,0 p. 100 de mâles, avec autant de mâles « wild » (12,6 p. 100) que de mâles « white eye » (11,4 p. 100) et autant de femelles hétérozygotes (35,6 p. 100) que de femelles « white eye » (38,2 p. 100). Par conséquent la composition de cette F_2 est tout à fait comparable à la descendance de parents non traités, contrairement à ce qui a été observé chez *T. urticae* (HENNEBERRY, 1964) ou chez *P. citri* (BEAVERS *et al.*, 1971) même à dose plus faible.

2. Effets sur une souche, de l'introduction de mâles irradiés.

a) Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : sur un élevage de 80 jeunes femelles vierges du type « white eye », âgées d'un jour, nous déposons simultanément 20 jeunes mâles du type « wild » provenant directement d'un élevage d'œufs non fécondés et 20 jeunes mâles du même type, préalablement irradiés. Ceci revient à introduire dans une population comprenant la proportion normale de mâles et de femelles (80 ♀ pour 20 ♂), un nombre de mâles irradiés, équivalent au nombre de mâles existant.

Mâles et femelles sont déplacés tous les jours sur une nouvelle feuille, les œufs déposés, sont comptés et conservés jusqu'à leur éclosion de façon à déterminer la composition de la F_1 . Comme précédemment, l'utilisation de la souche marquée permet la séparation des larves destinées à donner des mâles, de celles qui sont destinées à donner des femelles.

Nous avons effectué 5 expériences différentes, en faisant varier les doses d'irradiation des mâles de 0 à 41 kR.

b) Résultats et discussion (tabl. 7).

Comme lors de la série d'essais précédents, les femelles pondent, en moyenne, une trentaine d'œufs chacune et le nombre d'œufs déposés varie relativement peu d'un traitement à l'autre.

Si la proportion de mâles, obtenue en F_1 , est sensiblement la même dans tous les traitements, le nombre d'œufs non viables diminue régulièrement de 41,3 à 14,2 p. 100 lorsque les doses auxquelles ont été soumis les mâles introduits augmentent de 27 à 41 kR ; corrélativement, le nombre d'œufs fécondés et viables, augmente de 37,8 à 62, 8 p. 100 lorsque les doses passent de 27 à 41 kR.

L'amplitude des variations observées étant plus importante que celle que nous avons notée lors des tests précédents, il est probable que les mâles irradiés perdent de leur compétitivité lorsque les doses de rayons γ augmentent. A 27 kR, les mâles irradiés sont aussi compétitifs que les mâles normaux et la proportion de femelles en F_1 est pratiquement diminuée de moitié par rapport au traitement 0, alors qu'elle remonte considérablement à 41 kR.

L'intervention de mâles stériles paraît donc intéressante puisqu'elle entraîne la formation d'un pourcentage appréciable d'œufs non viables. N'oublions cependant pas que cette opération doit se dérouler au moment de la sortie de jeunes femelles, ou plutôt juste avant, lorsqu'on observe le plus grand nombre de téliochrysalides dans la population à traiter. D'après nos résultats, il semble préférable d'irradier les mâles à une dose qui ne les stérilise pas complètement mais qui préserve leur

compétitivité. En fait, il serait nécessaire de recommencer cette dernière série d'expériences, avec plusieurs répétitions, de façon à préciser la dose, située entre 27 et 31 kR, à laquelle il faudrait irradier les mâles pour obtenir le maximum d'œufs non viables.

TABLEAU 7

*Effets sur une souche,
de l'introduction de mâles irradiés à différentes doses de rayons γ*

Parents			F ₁		
80 ♀ × (20 ♂ norm. + 20 ♂ irr.) WeWe We ⁺ We ⁺		Total des œufs déposés	Composition en %		
Dose de rayons γ utilisée pour l'irradiation des ♂			♀ We ⁺ We	♂ We	Œufs non viables
0 kR		2 637	78,7	19,7	1,6
27 kR		2 445	37,8	20,9	41,3
31 kR		2 710	45,0	17,3	37,7
37 kR		2 605	43,6	27,3	29,1
41 kR		3 127	62,8	23,0	14,2

B. — *Lutte par utilisation de mâles incompatibles
ou lutte génétique sensu stricto*

Cette méthode de lutte implique l'existence de souches dont les mâles sont incompatibles avec les femelles de la souche que l'on veut atteindre, bien que l'accouplement ait normalement lieu (HELLE, 1969).

Au cours d'un travail précédent (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972), nous avons trouvé dans le complexe *T. neocaledonicus* un certain nombre de souches incompatibles. Par exemple, les femelles de la souche Louisiane sont fécondées normalement par les mâles de la souche Ihosy, puisque le nombre d'œufs déposés après l'accouplement est comparable à celui des femelles fécondées, mais la composition de la F₁ révèle une très forte incompatibilité. Nous obtenons la proportion normale de mâles (15,8 p. 100), mais seulement 4,7 p. 100 de femelles et 79,5 p. 100 d'œufs morts. La F₂ et la F₃ que l'on a pu obtenir ont donné un très fort taux de femelles stériles ou dont la descendance n'est pas viable. C'est à partir de ces données que nous avons essayé de réaliser notre expérience.

a) *Matériel et méthode.*

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive, souche Ihosy.

— Méthode : nous comparons les résultats de 2 croisements faisant intervenir 80 jeunes femelles « white eye » et 20 jeunes mâles « white eye », avec en plus, dans

un cas 20 jeunes mâles « wild », dans l'autre cas, 20 jeunes mâles de la souche Ihosy. Les mâles et les femelles utilisés pour cet essai sont âgés d'un jour.

Les 40 mâles sont déposés simultanément au milieu des 80 femelles vierges, ceci revenant à introduire dans une population de souche Louisiane « white eye » comprenant la proportion normale de mâles et de femelles (80 ♀ pour 20 ♂) un nombre de mâles équivalent au nombre de mâles existant. Les mâles introduits sont, dans le premier cas parfaitement compatibles (« wild »), dans le second cas très fortement incompatibles (Ihosy). Mâles et femelles sont déplacés tous les jours, sur une nouvelle feuille. Les œufs sont comptés et élevés de façon à déterminer la composition de la descendance.

b) *Résultats et discussion* (tabl. 8).

TABLEAU 8

*Effet sur une souche (Louisiane « white eye »),
de l'introduction d'une part de mâles compatibles (Louisiane « wild »)
et d'autre part de mâles incompatibles (Ihosy)*

Parents		F ₁				
Population:	80 ♀ × 20 ♂ We We We	Total des œufs déposés	Composition en p. 100			
Types de ♂ ajoutés			♀ We ⁺ We	♀ WeWe	♂ We	Œufs non viables
20 ♂ Louisiane We ⁺		2 441	33,2	48,6	17,0	1,2
20 ♂ Ihosy		2 574	2,1	17,2	16,7	64,0

Pour ces 2 expériences, le nombre total d'œufs déposés est du même ordre de grandeur, par contre, la composition des F₁ est totalement différente. Avec les mâles compatibles nous obtenons 81,8 p. 100 de femelles, 17,0 p. 100 de mâles et 1,2 p. 100 d'œufs non viables, tandis qu'avec les mâles de la souche Ihosy, nous n'avons que 19,3 p. 100 de femelles mais 16,7 p. 100 de mâles et 64,0 p. 100 d'œufs non viables.

Si l'on tient compte des résultats du croisement que nous avons fait entre les femelles de la souche Louisiane « white eye » et les mâles de la souche Ihosy utilisés seuls, en admettant de plus que les mâles d'Ihosy soient aussi compétitifs que ceux de la souche Louisiane, nous devrions obtenir 2,4 p. 100 de femelles hétérozygotes, 40 p. 100 de femelles homozygotes (We We) et environ 40 p. 100 d'œufs non viables. D'après les pourcentages du tableau 8, le nombre de femelles hétérozygotes est comparable à celui que l'on pouvait attendre ; par contre, nous trouvons environ 20 p. 100 d'œufs non viables en plus et corrélativement, 20 p. 100 de femelles homozygotes en moins. Les mâles d'Ihosy paraissent donc plus compétitifs que ceux de la souche Louisiane. On ne peut évidemment dire si ce sont les femelles qui exercent un choix ou si les mâles d'Ihosy présentent une plus grande agressivité. Il ne s'agit

pas, en tout cas, d'un handicap des mâles « white eye » puisque dans la première expérience, le nombre de fécondations imputables aux mâles « white eye » est égal sinon supérieur à celui qui est attribuable aux mâles « wild ».

Ce résultat est assez surprenant, car généralement, lors des mélanges de souches, les femelles sont fécondées, de préférence, par les mâles de même origine qu'elles (SMITH F. F. *et al.*, 1967 ; DIELEMAN et OVERMEER, *in litt.*).

Théoriquement, il aurait été plus intéressant de faire intervenir une souche complètement incompatible, c'est-à-dire ne donnant pas de femelles du tout. En réalité, dans le seul cas où nous n'avons pas pu obtenir de femelles, au cours de nos croisements préliminaires, la copulation ne se faisait pas ; si bien que les souches en question ne présentaient aucun intérêt, du point de vue lutte génétique.

Finalement, l'intervention de mâles incompatibles a eu, au cours de cette expérience, un effet plus marqué que celle des mâles stériles utilisés précédemment. Nous avons confirmation de la valeur et des possibilités d'application pratique d'une technique de lutte particulièrement élégante, lorsqu'on dispose d'une souche incompatible convenable.

CONCLUSION

Les expériences réalisées sur la physiologie de la reproduction chez *T. neocaledonicus*, aboutissent à des résultats très proches de ceux obtenus précédemment par HELLE, sur *T. urticae*. Pour ces 2 espèces, les mâles peuvent féconder de façon décisive 5 à 10 femelles en quelques heures. Les doubles fécondations déjà moins fréquentes que chez *T. urticae* en laboratoire, ne se produisent cependant pratiquement jamais dans les conditions naturelles chez *T. neocaledonicus*.

Les particularités de la reproduction nous ont paru favorables à l'emploi des méthodes de lutte par intervention de mâles stériles ou de mâles incompatibles. L'utilisation de mâles stérilisés aux rayons γ nous a montré qu'il ne fallait pas employer de doses d'irradiations trop fortes, sous peine de diminuer l'activité du sperme et d'affecter la compétitivité des mâles traités. La compétitivité des mâles introduits est un facteur essentiel dans ce type de lutte biologique, car l'impossibilité des doubles fécondations est, en fait, une arme à double tranchant ; il faut intervenir avec des mâles compétitifs et au moment où naissent le plus de jeunes femelles dans la population à traiter.

La seule expérience de lutte génétique *sensu stricto* que nous avons tentée nous a donné des résultats plus spectaculaires que les 4 essais de lutte par utilisation de mâles stériles. Il semble que nous ayons eu la chance d'introduire des mâles très fortement incompatibles mais, surtout, plus compétitifs que les mâles de la souche traitée vis-à-vis des jeunes femelles.

Les techniques de lutte autocide pourraient être employées, au profit de cultures en serres et dans les zones de cultures florales ou maraîchères, dans lesquelles les populations de tétranyques sont souvent isolées et constituent des foyers de résistance aux insecticides. Les mâles que l'on veut introduire doivent être aussi résistants aux insecticides que les tétranyques à combattre, car en général on ne peut interrompre le calendrier des traitements dans ces types d'exploitation.

Dans tous les cas, il est aisé d'obtenir une grande quantité de mâles à partir de la souche à attaquer et de les irradier à un niveau convenable.

En lutte génétique, *sensu stricto*, en admettant que l'on trouve une souche dont les mâles soient complètement incompatibles avec la souche à traiter, il faudra encore conférer à ces acariens des facteurs de résistance aux insecticides, s'ils ne les ont pas au départ. La variabilité génétique, peu banale, des souches de tétranyques, fait que chaque intervention posera un problème particulier. On aura donc à mener toute une série de travaux dont les résultats sont aléatoires.

Finalement, nous pensons qu'en pratique, la technique de l'utilisation des mâles stériles, par sa mise en œuvre rapide, peut rendre davantage de services que la lutte génétique au sens strict.

Reçu pour publication en décembre 1972.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M^r. le P^r. J.-R. LE BERRE et M^r. le D^r W. HELLE pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous donner au cours de la mise au point de notre manuscrit.

Nous exprimons aussi, nos sincères remerciements à M. Bernardin ANDRIAMBINTSOLOMORA pour l'aide technique efficace qu'il nous a apportée au cours de l'exécution de ce travail.

SUMMARY

EXPERIMENTS ON THE REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY OF *TETRANYCHUS NEOCALEDONICUS* ANDRÉ (ACARI : TETRANYCHIDAE) AND EFFECTS ON THE POSSIBILITIES OF GENETIC CONTROL

Four series of experiments with *T. neocaledonicus*, using a marker strain, indicate a reproductive physiology nearly identical with that of *T. urticae*. Double mating seems to be even less frequent than with *T. urticae* and hardly effective under natural conditions.

Experiments to indicate the possibilities of control, were undertaken using both males sterilized by means of γ radiations and those belonging to an incompatible strain. The results show much promise and underline the decisive role of mating competitiveness. The introduction of incompatible males could be impressive but practical operation will need extensive preparatory research. Therefore, because of its greater simplicity, the sterile male technique may prove more economically attractive.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANWARULLAH M., 1963. Beiträge zur Morphologie und Anatomie einiger Tetranychiden (Acari, Tetranychidae). *Z. angew. Zool.*, **50**, 385-426.
- BEAVERS J. B., HAMPTON R. B., TOBA H. H., MORENO D. S., 1971. Some effects of gamma irradiation or the chemosterilant, Tapa, on the Citrus red mite and its progeny. *J. econ. Ent.*, **64** (1), 72-75.
- BLAUVELT W. E., 1945. The internal morphology of the common red spider mite (*Tetranychus telarius* L.). *Cornell Univ. agr. exp. Sta. Ithaca*, **270**, 3-46.

- BRAUD M., 1967. La nutrition minérale du cotonnier en culture sans sol. *Coton et fibres trop.*, **22** (3), 339-356.
- DOSSE G., LANGENSCHIEDT M., 1964. Morphologische, biologische und histologische Untersuchungen an Hybriden aus dem *Tetranychus urticae* komplex (Acari: *Tetranychidae*). *Z. angew. Ent.*, **54**, 349-359.
- FÉRON M., 1963. La lutte contre les insectes par les méthodes autocides. *Rev. Zool. agric. appl.* (4-6), 1-12.
- GUTIERREZ J., 1967. Contributions à l'étude morphologique et biologique de *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ, 1933 (Acarien: *Tetranychidae*) « araignée rouge » du cotonnier à Madagascar. *Coton et fibres trop.*, **22** (2), 183-195.
- GUTIERREZ J., VAN ZON A. Q., 1973. A comparative study of several strains of the *Tetranychus neocaledonicus* complex and sterilization tests of males by X-rays. *Ent. exp. appl.*, **16**, 123-134.
- HELLE W., 1965. Resistance in the Acarina: Mites. *Adv. Acar.* (2), 71-93.
- HELLE W., 1967. Fertilization in the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*: Acari). *Ent. exp. appl.*, **10**, 103-110.
- HELLE W., 1968. Parthenogenesis and insecticide resistance. *Med. Rijksfak. Land. Gent.*, **33** (3), 621-628.
- HELLE W., 1969. New developments towards biological control of the two-spotted spider mite by incompatible genes. *Public-O. E. P. P.*, Sér. A (52), 7-15.
- HENNEBERRY T. J., 1964. Effects of gamma radiation on the fertility of the two-spotted spider mite and its progeny. *J. econ. Ent.*, **57** (5), 672-674.
- SMITH F. F., BOSWELL A. L., WEBB R. E., 1967. Segregation between strains of carmine and green two-spotted spider mites. *Proc. 2nd intern. Cong. Acarol., Sutton Bonington, 1967*, 155-159.
- SMITH J. W., BOUDREAUX H. B., 1972. An autoradiographic search for the site of fertilization in spider mites. *Ann. ent. Soc. Am.*, **65** (1), 69-74.
- VAN ZON A. Q., HELLE W., 1967. Linkage studies in the Pacific spider mite *Tetranychus pacificus*. I. Genes for pigmentless, white eye, stork and organophosphate resistance. *Ent. exp. appl.*, **10**, 69-74.

INFLUENCE DES NIVEAUX DE POPULATIONS
DE CICADELLES DE LA VIGNE
(*EMPOASCA FLAVESCENS* FAB.)
SUR LE SYMPTÔME DE LA « GRILLURE » DES FEUILLES

Gilberte MOUTOUS et A. FOS

Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A.,
Villenave d'Ornon,
33140 Pont de la Maye

RÉSUMÉ

Les multiplications de la Cicadelle : *Empoasca flavescens* dans le sud-ouest de la France posent un nouveau problème pour la protection des vignobles.

En dehors de la question du déterminisme de ces pullulations anormales, le cycle évolutif de l'insecte dans les conditions de la nature et les éventuelles relations entre les grillures constatées et le niveau des populations sont précisés.

Il y a trois générations et 2 maximums de population, le 1^{er} à la mi-juin, le 2^e se prolonge pendant toute la durée du mois d'août par suite du chevauchement des 2^e et 3^e générations.

Il existe une relation entre le niveau des populations et l'importance des dégâts, dus vraisemblablement à la prise de nourriture des individus des 2^e et 3^e générations ; les dégâts se manifestent au bout de 3 semaines à 1 mois.

On constate une dépréciation de la récolte à la fois en qualité et en quantité. Il convient donc de déterminer le seuil à partir duquel le viticulteur devra intervenir pour éviter de tels dommages.

I. — LA GRILLURE DES FEUILLES DE LA VIGNE
ET LA CICADELLE : *EMPOASCA FLAVESCENS*

Signalées dès 1966 par divers groupements de Viticulteurs et organismes officiels des départements de la Charente, Dordogne, Gironde, Landes et Pyrénées-Atlantiques, les grillures de la vigne ont pris, ces dernières années, une extension considérable. Si, dans ces régions, les conditions climatiques semblent très favorables au bon développement d'*Empoasca flavescens* on la rencontre néanmoins dans le Tarn, Tarn-et-

Garonne, Lot (BESSON et JOLY, 1966), et BRANAS (1966) indique sa présence en Languedoc.

Cette manifestation de grillures se traduisant par le brunissement des nervures, l'apparition de taches s'étendant à partir du bord vers l'intérieur des espaces internervaires de la feuille, soit par un dessèchement marginal, allant parfois jusqu'au brunissement total de la feuille, plusieurs hypothèses furent alors émises pour tenter d'expliquer l'extension des symptômes constatés : l'influence d'une carence des sols ou celle de l'emploi intensif de nouveaux fongicides organiques anti-mildiou.

Cependant, compte-tenu de nos connaissances de la faune ampélophage, on pouvait se demander si la petite cicadelle verte (*Empoasca flavescens* FAB.) depuis longtemps largement répandue dans le vignoble aquitain et rencontrée en grand nombre dans les vignes ainsi grillées, n'était pas directement ou indirectement responsable de tels dégâts.

A la fin de l'été 1966, dans un vignoble de Béguey (Gironde) grillé à 90 p. 100, les seuls rangs indemnes demeurés verts étaient ceux ayant reçu deux applications de DDT ⁽¹⁾ au moment de l'apparition des cicadelles, ce qui suggérait une liaison directe entre la présence des cicadelles et celles des « grillures ». Mais il restait à démontrer la relation nette entre les niveaux de populations d'*Empoasca flavescens* et l'importance des grillures, d'où l'orientation de notre travail vers l'étude de cette cicadelle et de ses répercussions dans le vignoble.

II. — CYCLE ÉVOLUTIF D'*EMPOASCA FLAVESCENS* DANS LA NATURE

Cette espèce a été mentionnée pour la première fois comme ampélophage par V. MAYET (1890).

Les études de BONFILS et SCHVESTER (1960) ont d'autre part montré qu'elle était la plus répandue et la plus abondante des espèces de cicadelles qui effectuent leur développement sur Vigne dans le Sud-Ouest. Polyphage, elle se nourrit sur Chêne, Tilleul, Érable, etc. (VIDANO, 1958). Au laboratoire, des élevages d'*Empoasca flavescens*, sur Haricot, Osier, Laurier-cerise, etc., ont permis d'acquérir la certitude qu'elle peut effectuer son cycle complet sur ces plantes.

L'adulte indifféremment vert ou rose, mesure de 2 à 3 mm de long. L'œuf allongé, d'un blanc hyalin de 0,7 mm de long est déposé dans l'épaisseur des tissus de la feuille ; l'incubation dure de 5 à 7 jours.

La larve, très mobile, aux yeux noirs et globuleux, se déplace rapidement et obliquement, évoluant plus particulièrement sur la face inférieure des feuilles. D'un blanc hyalin (premier stade), elle passe au vert ou au rose, plus ou moins foncé aux stades suivants, conservant toujours une forme générale allongée (BONFILS et SCHVESTER, 1960).

La durée des cinq stades larvaires varie de 20 à 25 jours selon les conditions climatiques. Quant à celle de la vie imaginaire (insectes de première génération) elle est d'une trentaine de jours, pour une durée totale du cycle de l'œuf à l'adulte de 55 à 60 jours (SCHVESTER *et al.*, 1962). *E. flavescens* passe l'hiver à l'état adulte, dans

(1) Produit actuellement retiré du commerce pour des questions de pollution.

les bois, au voisinage des haies, sur diverses plantes hôtes : *Juniperus*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Ligustrum*, *Lonicera*, *Rubus* (VIDANO, 1963), sur *Taxus* (DELMAS, communication personnelle).

Les populations printanières sur Vigne sont presque uniquement composées de femelles. Ces données recoupant certaines observations antérieures, il était alors permis de penser que les mâles mouraient vraisemblablement en automne ou progressivement en hiver. Cependant, depuis plusieurs années, de la période allant de la migration d'*E. flavescens* vers les lieux d'hivernation à celle de réinfestation des vignes nous capturons, au filet fauchoir, des mâles. Les lieux prospectés sont toujours les mêmes (région du Sauternais et Dordogne). Nous avons remarqué, qu'un sol humide semblait nécessaire (mousse, lichens, bruyère...) mais avec, à un certain niveau de la végétation, une certaine aération. Si ces conditions d'humidité du sol n'existaient pas, aucune capture d'*Empoasca flavescens*, parmi tant d'insectes, n'aurait pu être réalisée.

TABLEAU I

Résultats des captures d'*E. flavescens* en lieux d'hivernation

Lieux	Dates	Nbre de ♀ capturées	Nbre de ♂ capturés	Total	Pourcentage de mâles
Sigoulès	1969 {	2-9	2	4	50
Sigoulès		12-9	7	11	61
Sigoulès		16-9	11	22	50
Sauternes		17-9	3	8	37
Sigoulès		24-10	34	216	16
Sauternes		29-10	3	25	12
Sigoulès		30-10	32	281	11
Sigoulès		10-12	14	137	10
Sigoulès	1970 {	2-3	2	21	10
Sauternes		8-4	1	16	6
Sauternes	1971 {	25-2	3	57	5
Sauternes		6-3	8	100	8
Sauternes		24-3	25	214	12
Sauternes		8-4	4	27	15

De même, des relevés de captures par un piège lumineux, installé dans un vignoble girondin, nous permettent, au moment de l'arrivée des cicadelles dans les vignes, d'enregistrer un pourcentage de mâles de l'ordre de 14 p. 100, alors que dans les mêmes conditions de captures, ils prédominent dans le courant de l'année. Un exemple pour 1970, le maximum relevé était le 26 juin avec 50 femelles pour 286 mâles, soit un total de 336 adultes et un pourcentage de mâles de 85 p. 100.

Dès mi-avril, les captures dans les lieux d'hivernation sont de plus en plus rares. C'est ainsi qu'aux dates des 15 et 21 avril, une seule *E. flavescens* a été capturée soit 2 adultes pour 3 lieux prospectés. Ce n'est pourtant que vers la fin avril, début mai que les imagos arrivent brusquement dans les vignes. La grande majorité de ces imagos sont des femelles aptes à la ponte. Quelques jours après, les jeunes larves naissent. La population totale augmente progressivement, les imagos hivernants

disparaissent, tandis que les adultes de cette première génération apparaissent, selon les années vers la deuxième quinzaine de juin. Ils donnent naissance à la deuxième génération dont les premières larves éclosent début Juillet. Les adultes de 2^e génération commencent à voler entre le 20 juillet et le début août. A cette époque, la courbe des niveaux de population globale atteint un second maximum puis régresse jusqu'à la fin de la saison, malgré une nouvelle pointe due à l'apparition des larves de 3^e génération. Cette dernière, moins importante que les deux précédentes, entraîne parfois un début de 4^e génération.

Les dénombrements des différents stades de *E. flavescens* effectués à Montcaret et Sigoulès (Dordogne) en 1968 et à Bonneville (Dordogne) et à Montestruc (Gers) en 1970 montrent que le cycle évolutif de la cicadelle varie selon les conditions climatiques et la région considérée. En 1968, tandis qu'à Montcaret le maximum des niveaux de population d'*E. flavescens* est enregistré, le 8 août, il ne l'est que le 3 septembre à Sigoulès lieux distants d'une trentaine de kilomètres (tabl. 2).

TABLEAU 2

Population sur 600 feuilles enregistrées à Montcaret et Sigoulès (Dordogne) en 1968

Lieux	Dates	L ₁ + L ₂	L ₃ à L ₅	Total larves	Adultes	Total
Montcaret	17 juillet	33	8	41	61	102
	24 —	179	14	193	45	238
	31 —	389	130	519	26	545
	8 août	323	368	691	50	741
	20 août	138	344	482	130	612
	27 août	116	263	379	202	581
	3 sept.	113	235	348	256	604
	10 sept.	81	207	288	181	469
	17 sept.	29	187	216	212	428
	9 oct.	5	42	47	45	92
Sigoulès	17 juillet	7	22	29	80	109
	24 juillet	67	12	79	58	137
	31 —	130	22	152	54	206
	8 août	236	209	445	50	495
	20 —	282	103	385	45	430
	27 —	155	372	527	113	640
	3 sept.	83	512	595	177	772
	10 sept.	90	299	389	253	652
	17 sept.	66	219	285	265	550
	9 oct.	15	80	95	160	255

Or, les populations printanières, identiques dans les quatre parcelles expérimentales (2 dans chaque localité) ne laissaient pas prévoir une telle différence d'évolution (dûe peut-être aux conditions différentes de sol, porte-greffe, cépage, biotope, etc.). Cependant, nous retrouvons dans les deux vignobles les trois générations.

Par contre, compte tenu de nos dénombrements de 1970 à Bonneville (Dordogne), non loin de Montcaret, et à Montestruc (Gers), des éléments nouveaux seraient à préciser. En effet, dans les deux régions considérées, l'évolution physiologique de la vigne était identique jusqu'au stade F de BAGGIOLINI (grappes visibles) mais la réin-

festation du végétal par la cicadelle se trouvait être différente. Au dénombrement de la population du 20 mai, à Bonneville nous notions déjà la présence de jeunes larves (néonates et L_1), tandis qu'à Montestruc, la population (adultes hivernants et larves) était nulle. A celui du 2 juin, dans la première localité, nous différencions déjà des larves de deuxième stade alors qu'à Montestruc la population larvaire à la date du 3 juin était très faible (1 L_1 dénombrée pour l'ensemble des parcelles). Les imagos hivernants étaient également rares (14 au total). Il fallait attendre la date du 17 juin pour noter la présence de larves du 2^e stade. Si à Bonneville les dénombrements nous permettent de différencier trois générations, ceux de Montestruc, pourtant aussi nombreux ne mettent en évidence que 2 maximums, correspondant à 2 générations seulement.

Nos toutes premières observations de 1971 nous amènent d'ailleurs aux mêmes constatations. Tandis qu'à Bonneville, au relevé du 3 juin, pour 1 000 feuilles comptées nous dénombrions 314 larves (de stades L_2 et 1 L_3), à Montestruc la population était nulle, seuls quelques rares adultes volaient. L'infestation printanière a donc été plus précoce dans les vignobles prospectés en Dordogne que dans celui du Gers. Il est à noter que si la rapidité d'infestation par *E. flavescens* est identique entre divers cépages, pour un même lieu, les cépages de Montestruc sont toutefois différents de ceux de Bonneville.

III. — RELATION ENTRE LA POPULATION D'*EMPOASCA FLAVESCENS* ET LES GRILLURES SUR FEUILLES DE VIGNE

A. — Nature des dégâts

L'étude de la nutrition des cicadelles (CARLE et MOUTOUS, 1965) nous a appris que :

a) le tissu sclérenchymateux était la plupart du temps contourné par les stylets, après parfois plusieurs tentatives de piqûres ; qu'il était rarement franchi, dans lequel cas on constatait toujours une accumulation importante de matière sétale,

b) qu'au niveau du liber, on observait un changement d'orientation de la piqûre qui se couvait brusquement vers la région libérienne d'un faisceau vasculaire. Ces bifurcations se terminaient presque toujours (85 p. 100) dans le phloème, tissu parcouru et exploité entièrement dans tous les sens.

c) que peu de piqûres possédaient des terminaisons dans le xylème, et plus rarement encore dans les tissus parenchymateux. *E. flavescens* paraissait donc puiser sa nourriture dans le phloème où l'on observait une très nette désorganisation des cellules, accompagnée de nécroses souvent nervaires avec pour conséquence un dessèchement du limbe, (VIDANO, 1963 ; BAGGIOLINI *et al.*, 1968).

B. — Obtention de grillures

Dans le but d'obtenir expérimentalement le phénomène de grillure, des boutures à deux yeux étaient réalisées par nos soins sur Sauvignon et Sémillon, cépages très atteints parmi tant d'autres, en deuxième quinzaine de mars, sous châssis chauffants, et en pots horticoles de 12 cm.

a) *Sur plants.*

À la date du 5 juillet, alors que les jeunes plants ainsi obtenus avaient en moyenne 6 à 8 belles feuilles, 5 séries (dont 1 témoin sans cicadelles) de 10 jeunes plants étaient mises en observation dans des conditions de température (20°C) et d'hygrométrie relative (70 à 75 p. 100) connues. Ces jeunes plants étaient coiffés d'un manchon en rhodoïd, avec trou d'aération et couvercle en toile de mousseline. Chaque série de 10 plants se composait ainsi :

- 3 plants contaminés avec 5 jeunes larves (L_2 et L_3)
- 2 plants — 20 à 25 L_3
- 3 plants — 5 adultes
- 2 plants — 20 à 25 adultes

Dans les conditions de nos essais, nous observions toujours le phénomène plus ou moins important de « grillure » des feuilles, avec pour les plus fortes populations, un dessèchement rapide et total des jeunes plants. Nous notions que pour une moyenne de 6 larves les premières grillures apparaissaient au bout de 12 jours environ après l'infestation ; pour les adultes, des grillures similaires étaient constatées au bout de 15 à 17 jours. Les larves seraient donc pour une large part responsables des plus graves dégâts dans les vignobles.

b) *Sur feuilles de Vigne isolées.*

Au cours de l'hiver 1969-1970, plusieurs séries de feuilles matures de Sémillon (provenance, culture en serre, sans sol, en hydroponique, matériel végétal sain) ont été placées en observation en chambre climatisée (température 23°C et humidité relative 80 p. 100). Chaque feuille était placée dans une boîte cylindrique en polystyrène de 10 cm de diamètre et 9 cm de hauteur, avec fond et couvercle munis de deux zones d'aération (4 cm × 4 cm) par toile métallique. Le fond de la boîte recouvert d'un papier buvard était perforé en son milieu, permettant ainsi le passage du pétiole qui à son tour plongeait dans la solution nutritive que contenait un cristallisateur adapté, de même diamètre, mais seulement de 5 cm de hauteur. Nous maintenions ainsi pendant plusieurs jours le végétal en parfait état qui du reste, était conservé un certain temps dans les mêmes conditions d'observation après séjour des cicadelles.

Le nombre d'insectes placés respectivement dans chaque boîte variait de 1 à 10 adultes. Là encore, au bout d'une quinzaine de jours, les premiers symptômes de « grillures » des feuilles étaient reproduits. Parmi les boîtes où la population était maximale (10) et où les individus avaient donné naissance à des larves, les feuilles dépérissaient, se desséchaient rapidement du bord vers le point pétioleaire, avec des zones internervaires ; le limbe complètement « grillé » se détachait dans la majorité des cas du pétiole. On remarquait également que dans les boîtes où il n'y avait qu'un seul insecte, beaucoup d'entre elles n'avaient pas extériorisé ce phénomène de grillure.

c) *Observations des grillures dans la nature.*

Dans les parcelles expérimentales de Montcaret, en 1969, 6 ceps avaient été repérés au hasard, dès l'apparition des premières grillures. Sur chacun d'eux, 3 ou 4 feuilles avaient été choisies, étiquetées et numérotées. Un calque sur fiche avait été réalisé,

respectivement pour chacune d'elles, ainsi chaque semaine on y notait l'évolution des grillures. De plus, chaque nouvelle zone était datée. Ceci nous permettait de suivre l'évolution du dessèchement et de pouvoir comparer avec celui obtenu en laboratoire. Effectivement, ces derniers symptômes de « grillures » des feuilles correspondaient à ceux de la nature.

Il s'agit en premier lieu d'un dessèchement marginal, débutant par la nécrose distale d'une nervure, point d'attaque de cicadelle. On assiste ensuite au brunissement centripète du limbe. Ce dernier présente finalement des zones sinueuses plus ou moins foncées, la tache étant limitée à la partie interne par un liséré de couleur jaune ou lie de vin selon qu'il s'agit d'un cépage blanc ou rouge. Les feuilles de vigne ainsi atteintes présentent donc finalement un aspect grillé (fig. 1).

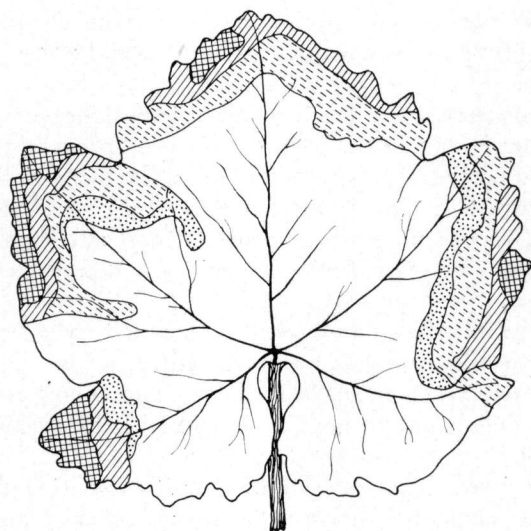


FIG. 1. — Schéma de l'altération du limbe d'une feuille de Vigne à la suite des attaques de *E. flavescens*

-  départ d'attaque
-  évolution 1
-  évolution 2
-  évolution 3

Ce type de grillure ne saurait être confondu avec le dessèchement d'un secteur de la feuille occasionné par les attaques de *Botrytis*. Celui-ci évolue sur n'importe quelle partie de surface du limbe et ne se limite pas à la périphérie. Au début, la tache est d'une couleur brun clair uniforme.

Quant aux feuilles attaquées par les cicadelles, elles peuvent être atteintes dans leur totalité ce qui entraîne leur chute vers la fin du mois d'août. Ce fut notamment le cas du vignoble girondin de Béguey (1966) ainsi que ceux constitués de deux parcelles de Sémillon et Merlau visitées par nos soins l'année suivante à Sigoulès (Dordogne) 1967.

C. — Niveaux de populations et développement des grillures

Afin de déterminer l'éventuelle relation entre le développement des grillures intervenant dans le courant du mois d'août d'une part et l'importance des populations de cicadelles au cours des semaines précédant les dégâts d'autre part, nous avons systématiquement conduit nos observations concernant ces deux séries de phénomènes, dès le début de la végétation de la Vigne. A Montcaret en 1968 et à Montestruc en 1970 sur deux parcelles de Sauvignon âgées de sept ans environ et conduites en « vigne haute » les relevés de populations ont été réalisés sur une série de 4 parcelles (avec 4 répétitions) T₀, T₁, T₂, T₃ ayant reçu respectivement 0, 1, 2, 3 interventions insecticides contre la cicadelle.

Les relevés concernant des cicadelles ont été réalisés par deux notateurs placés chacun de part et d'autre du rang, qui dénombrent, pour chaque cep, les insectes présents sur la face inférieure de 5 feuilles prises au hasard : 25 p. 100 des pieds sont ainsi examinés.

Ces notations concernent à la fois le nombre et les stades de la cicadelle (tabl. 2 et 3). D'autre part, on évalue sur des pieds choisis lors du dénombrement des niveaux de population le pourcentage des feuilles grillées, au moment où l'on peut distinguer à coup sûr les grillures dues à la cicadelle et celles dues à d'autres causes (mildiou, *Botrytis*, etc.) c'est-à-dire pour 1970, le 19 août, date qui nous permet de ne pas avoir à tenir compte de la chute prématurée des feuilles et d'apprécier correctement les dégâts d'*E. flavescens*, d'où la plus favorable.

Les premières grillures n'apparaissent qu'après un certain temps de présence des insectes sur les feuilles. A cet égard on remarque que la rapide progression du nombre des feuilles atteintes pendant le courant du mois d'août est en quelque sorte parallèle à celle de l'élévation du nombre de cicadelles de 2^e génération constatée fin juillet-début août.

Par ailleurs, le niveau même des grillures paraît en relation directe avec la relative importance des populations de cicadelles trois semaines à un mois auparavant,

TABLEAU 3

Population larvaire d'*E. flavescens*
enregistrée sur 640 feuilles à Montestruc (Gers) en 1970

Dates	L ₁ + L ₂	L ₃ + ... + L ₅	Total larves	Adultes	Total
3 juin	2		2	10	12
17 juin	27	4	31	6	37
23 juin	12	18	30	49	79
2 juillet	55	0	55	77	132
9 juillet	63	3	66	96	162
22 juillet	465	37	502	84	586
29 juillet	651	222	873	84	957
5 août	360	382	742	89	831
19 août	70	525	595	186	781
26 août	21	350	371	231	602
9 sept.	22	45	67	246	313

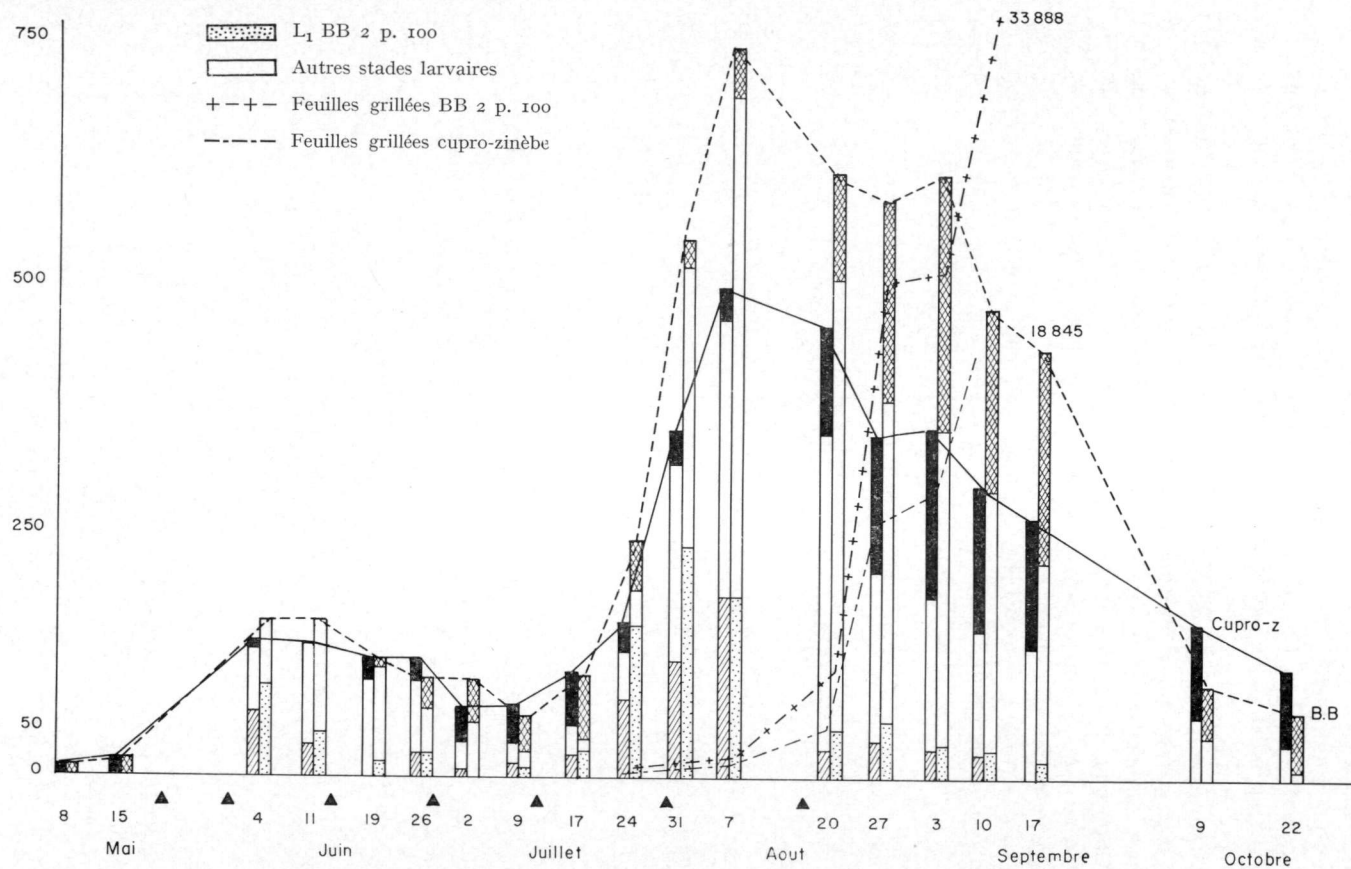


FIG. 2. — Courbe des niveaux de population d'*Empoasca flavescens* et des feuilles grillées

- courbe de niveau de population d'*Empoasca flavescens* — Cupro-zinèbe
 - - - - courbe de niveau de population d'*Empoasca flavescens* — Bouillie bordelaise 2 p. 100
 ■ Adulte cupro-zinèbe
 ▨ L₁ cupro-zinèbe
 ▩ A BB 2 p. 100

tant à Montcaret qu'à Montestruc. Nous n'avons considéré dans la figure 2 que les résultats de la première localité qui sont les plus complets.

On y remarque notamment l'existence de trois générations, manifestées par les abondances relatives des larves, des adultes et d'autre part, une multiplication plus élevée à partir de mi-juillet sur la partie traitée à la bouillie bordelaise que sur celle recevant du cupro-zinèbe.

Les dégâts paraissant dûs à la fois au nombre des insectes et à la durée de leur prise de nourriture pour l'interprétation statistique des résultats de Montestruc, nous avons choisi comme donnée, un coefficient que nous désignons sous le nom d'« indice larvaire » obtenu par le cumul, pour la période comprise entre le 3 juin et le 19 août de la population larvaire de chaque relevé (40 feuilles) multipliée par le nombre de jours compris entre ce dénombrement et le précédent.

Quel que soit le traitement considéré, et donc le niveau moyen de population (tabl. 4), il existe une régression linéaire :

$$y = 0,036 \ 5x - 11,437$$

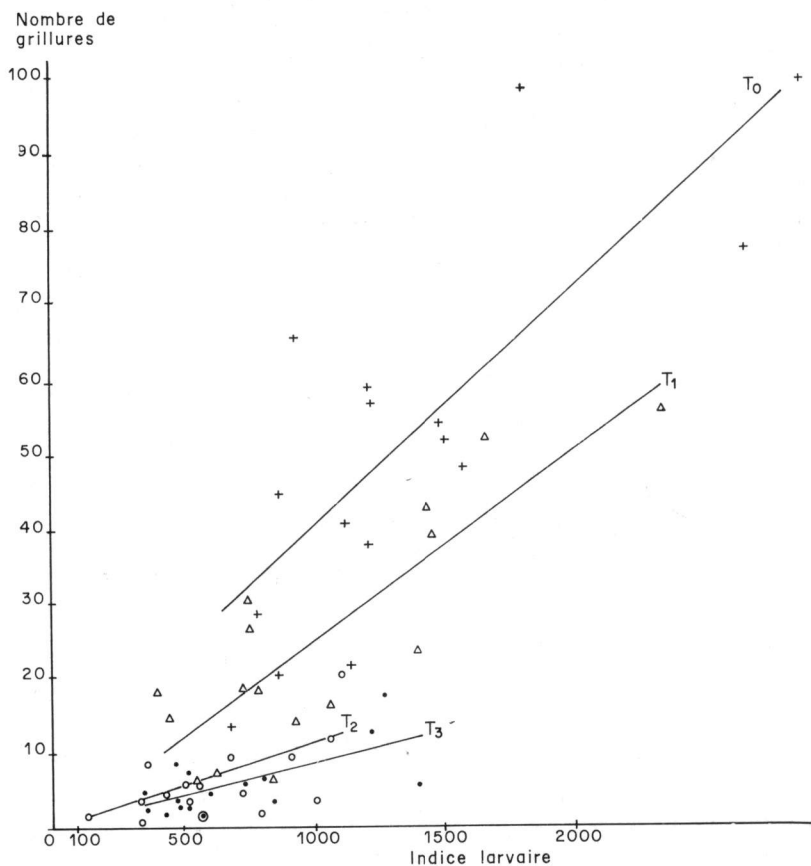


FIG. 3. — Relation Grillures et indice larvaire

+ T₀ ○ T₂
 △ T₁ ● T₃

très hautement significative entre le nombre de feuilles grillées et l'indice larvaire (tabl. 4 et fig. 3). La régression de 2^e ordre ne rend pas compte de manière plus satisfaisante de cette relation.

Par ailleurs, on observe deux familles de droites (T_0, T_1) et (T_2, T_3) dont les pentes sont significativement différentes probablement à cause des niveaux différents d'indice larvaire.

En conclusion, indépendamment des traitements, il y a dans les limites de nos données, une relation entre l'indice larvaire et le nombre de grillures.

TABLEAU 4

Relation : populations larvaires et grillures
(Calculs statistiques)

Répéti.	T_0		T_1		T_2		T_3	
	Indice larvaire	Nombre grillure	Indice larvaire	Nombre grillure	Indice larvaire	Nombre grillure	Indice larvaire	Nombre grillure
1	861	21	738	19	501	6	521	3
2	1 224	57	930	15	438	5	491	3
3	920	66	751	31	518	4	576	2
4	1 790	99	1 646	52	734	5	1 205	13
5	690	14	448	15	140	2	360	3
6	791	29	426	19	341	4	431	2
7	873	45	633	8	331	1	354	5
8	1 212	59	780	19	680	10	472	4
9	1 202	38	759	27	567	6	845	4
10	1 501	52	1 392	24	1 013	4	603	5
11	1 486	54	1 444	39	910	10	867	7
12	2 855	100	2 315	56	1 101	21	1 384	6
13	1 141	22	844	7	360	9	479	9
14	1 566	48	542	7	798	2	723	6
15	1 119	41	1 064	22	573	2	513	8
16	2 614	78	1 426	43	1 053	12	1 266	98
Σx	21 845	Σy 823	Σx 16 138	Σy 403	Σx 10 058	Σy 103	Σx 11 090	Σy 98
Variation totale		9 674	Variation totale	3 505	Variation totale	386	Variation totale	276
dl		15	dl	15	dl	15	dl	15
Régression		6 012	Régression	2 513	Régression	143,3	Régression	117,01
dl		1	dl	1	dl	1	dl	1
Résidu		3 662	Résidu	992	Résidu	242,7	Résidu	159
dl		14	dl	14	dl	14	dl	14
$T^{14} \sqrt{\frac{6\,012}{261}} = 4,80$			$T^{14} \sqrt{\frac{2\,513}{70,85}} = 5,95$		$T^{14} \sqrt{\frac{143,3}{17,33}} = 2,87$		$T^{14} \sqrt{\frac{117,01}{11,35}} = 3,20$	
Significatif 1%			Significatif 1%		Significatif 5%		Significatif 1%	
$y^{(T_0)} = 7,76 + 0,032x$			$y^{(T_1)} = 0,02 + 0,025x$		$y^{(T_2)} = 0,33 + 0,0108x$		$y^{(T_3)} = 0,30 + 0,0084x$	

P.S. Nous remercions M. P. ANGLADE pour les conseils qu'il a su aimablement nous donner concernant l'interprétation statistique des résultats.

IV. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Depuis quelques années, les multiplications de la cicadelle *Empoasca flavescens* dans le sud-ouest de la France posent un nouveau problème concernant la protection du vignoble.

En dehors de la question du déterminisme lui-même de ces pullulations anormales, non encore résolue, nous nous sommes tout d'abord proposé de préciser d'une part : le cycle évolutif de l'Insecte dans les conditions de la Nature et d'autre part de démontrer les éventuelles relations entre les grillures constatées et le niveau des populations.

Les relevés systématiques conduits en 1968 tout au long de la saison dans trois vignobles et concernant l'ensemble des différents stades nous permettent d'affirmer qu'*E. flavescens* présente trois générations, tout au moins en Gironde et en Dordogne. On note deux maximums de populations : le premier se plaçant vers la mi-juin pour la première génération, le second se prolongeant pendant toute la durée du mois d'août et résultant du chevauchement des deuxième et troisième générations.

Par ailleurs, l'étude analogue concernant le développement des grillures a permis de mettre en évidence des relations existant entre le niveau des populations et l'importance des dégâts.

Ces derniers paraissent surtout liés aux dommages entraînés par la prise de nourriture des individus de deuxième et troisième générations, l'extériorisation des dommages intervenant au bout de trois semaines à un mois environ.

Il paraît évident que les graves pullulations de la cicadelle provoquant d'abondantes grillures, entraînent une déprédation de la récolte à la fois en qualité et en quantité. Nous nous proposons donc de déterminer le seuil à partir duquel le viticulteur devra intervenir pour éviter de tels dommages. Un autre travail, en cours actuellement, nous permettra d'aborder ce sujet.

Reçu pour publication en décembre 1972.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE LEVELS OF THE VINE CICADA POPULATIONS
(*EMPOASCA FLAVESCENS* FAB.)
UPON THE SYMPTOMS OF THE LEAVES BURN

The outbreaks of the Cicada : *Empoasca flavescens* in south-east of France set a new problem for the protection of vineyards.

Apart from the question of determining the causes of these abnormal outbreaks, the life cycle of the insect in the field conditions and the eventual relationships between the burns noted and the level of populations are precised.

There are 3 generations and 2 peaks of population, the first one at mid-june, the 2nd being extended over the whole August month, because of the overlapping 2nd and 3rd generations.

There is a relation between the population levels and the importance of damages, probably

caused by the feeding of 2nd and 3rd generation insects. The damages are obvious after 3 weeks or 1 month.

The yield is depreciated both in quality and quantity. It is advisable to determine the level from which the vine-grower must do a treatment in view of preventing such damages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAGGIOLINI M., CANEVASCINI V., TENCALLA Y., CACCIA R., SOBRIO G., CAVALLI S., 1968. La cicadelle verte *Empoasca flavescens* F. (Homopt., Typhlocyidae) agent d'altérations foliaires sur vigne. *Schweiz. landw. Forsch.*, **7**, 43-69.
- BESSON J., JOLY-IMBERT, 1966. *Bulletin technique des Stations d'Avertissements agricoles*. Station du Midi, n° 23.
- BONFILS J., SCHVESTER D., 1960. Les cicadelles (*Homoptera Auchenorrhyncha*) dans leurs rapports avec la Vigne dans le sud-ouest de la France. *Ann. Épiphyties.*, **3**, 325-336.
- BRANAS, 1966. Les Cicadelles. *Prog. Agric. Vitic.*, **83**, 18, 147-149.
- CARLE P., MOUTOUS G., 1965. Observations sur le mode de nutrition sur vigne de quatre espèces de cicadelles. *Ann. Épiphyties.*, **16**, 4, 333-354.
- MAYET V., 1890. *Les insectes de la Vigne*, tome 1.
- VIDANO C., 1958. Le cicaline italiane della vite. *Boll. Zool. Agrar. Bachic.*, **1** (II) 61-115.
- VIDANO C., 1962. La *Empoasca libyca* nuovo nemico della vite in italia. *Publ. Cent. Ent. alp. for. cons. naz. Ric.* n° 55.
- VIDANO C., 1963. Alterazioni provocate da insecti in *vitis* osservate sperimentate e comparate. *Annali Fac. Sc. agr. Univ. Torino.*, **1**, 513-642.
- SCHVESTER D., MOUTOUS G., BONFILS S., CARLE P., 1962. Étude biologique des cicadelles de la Vigne dans le sud-ouest de la France. *Ann. Épiphyties.*, **13**, 3, 205-237.
- TOUZEAU J., 1968. La cicadelle *Empoasca flavescens* et le « grillage » de la Vigne dans le sud-ouest de la France. *Phytoma*, juillet-août.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DU JEÛNE CHEZ UN INSECTE. LARVE DE *BOMBYX MORI* L.

Lucienne BAUD ⁽¹⁾

*Laboratoire de Biométrie, Section de Biologie générale et appliquée,
Université Claude Bernard, Lyon I,
69100 Villeurbanne.*

RÉSUMÉ

Nous avons étudié chez des larves de *Bombyx mori* L., soumises au jeûne absolu au cours des IV^e ou V^e âges, l'évolution pondérale et biochimique des chenilles et de leur excrétion. Les principales substances analysées ont été les suivantes : eau, sucres en C₆ hydrosolubles, glycogène, lipides totaux, azote total et azote protéique.

A l'aide des résultats obtenus nous avons, d'une part établi des consommations réelles journalières pour une larve et pour chaque substance analysée, d'autre part, dressé un bilan qui nous a permis de décomposer en ses principaux éléments la perte de poids pendant l'inanition et de la comparer à la somme des éléments consommés.

INTRODUCTION

Au cours des nombreux travaux de laboratoire portant sur l'alimentation des insectes, il n'a été que très rarement possible d'obtenir sur milieu artificiel des individus surclassant ceux élevés sur milieu naturel tout au moins en première génération. Sans doute, un régime semi-synthétique pourra-t-il réunir à la fois les attractifs spécifiques et une composition organo-minérale idéale permettant soit une vitesse de développement plus rapide, soit une croissance plus importante. Mais, pour le moment, cet objectif n'est pas atteint ou accidentellement et cette impossibilité a certainement contribué à limiter jusqu'ici la progression des lignées « domestiquées » ; on sait que chez les animaux domestiques et chez les végétaux, les progrès ont été spectaculaires, aboutissant en retour à l'existence de nouvelles races ou variétés alimentaires exigeantes et, parfois même, très fragiles.

Par contre, les régimes alimentaires subnormaux provoquent nécessairement,

⁽¹⁾ Adresse actuelle : Station de Recherches de Cytopathologie, I. N. R. A. - C. N. R. S., 30380 Saint Christol lès Alès.

au-delà de légères régulations, des modifications facilement décelables. Ainsi, peut-on constater dans la nature de telles perturbations dans la physiologie des animaux phytophages, intervenant spontanément sous l'action de conditions défavorables pour le végétal. Parfois, seules les caractéristiques physico-chimiques de l'aliment sont altérées, mais souvent les modifications deviennent irréversibles, ayant pour conséquence la disparition momentanée ou définitive de l'aliment de base.

Les effets de ces régimes subnormaux, n'ont échappé ni aux écologistes, ni aux éleveurs d'insectes, tributaires des végétaux de plein champ. En particulier, les sériciculteurs les connaissaient bien et les redoutaient lors des élevages normaux de printemps ; mais passée cette saison, leur incidence est si fréquente, qu'ils ont fait échouer les nombreuses tentatives d'élevages industriels de ce Lépidoptère et leur extension au reste de la période de végétation du mûrier.

Considérant cet aspect qualitatif de la sous-alimentation les rapports précis de cause à effet sont des plus difficiles à analyser en raison même du nombre de facteurs variant simultanément, dont certains induisent, qui plus est, une limitation quantitative et progressive de l'ingestion. Par contre, la seule limitation des quantités ingérées ou l'inanition complète ont permis une expérimentation sûre dans l'approche de certains problèmes très précis de physiologie des insectes. Ces expériences sont facilement reproductibles sur un matériel homogène avec un protocole expérimental simple : les stades d'intervention du jeûne et sa durée sont parfaitement connus, et l'interprétation des résultats de telles expériences est relativement plus aisée que dans le domaine qualitatif.

Les premiers effets de l'inanition ont porté sur le développement de l'insecte et, par voie de conséquence directe, semble-t-il, sur la reproduction.

C'est ainsi que le jeûne larvaire a des répercussions sur les caractéristiques des pontes de *Bombyx mori* L., en particulier sur le poids total et le nombre d'œufs normaux pondus (LEGAY et BAUD, 1953) ; de plus, au dernier intermue, l'inanition imposée aux larves a des conséquences non seulement sur la génération traitée, mais sur la génération fille (BAUD, 1955). Si le jeûne intervient au stade adulte, il peut jouer le rôle de facteur limitant la fertilité ; c'est le cas, par exemple, des insectes hématophages (CRAGG, 1923 ; BUXTON, 1930 ; WOKE, 1937 ; HADDOW, 1947). Le même phénomène se retrouve chez certains imagos de Lépidoptères ou de Diptères qui ont besoin d'eau ou d'eau glucosée pour se reproduire.

Les conséquences du jeûne sur l'état physiologique de l'animal ont été précisées également du point de vue biochimique par les dosages de l'eau, des glucides, des lipides et des protides. Comme principaux travaux, nous citerons ceux de MELLANBY (1932), sur *Tenebrio molitor* ; de LAFON (1941), sur *Phormia regina*, de NIERMEKO *et al.* (1950), sur *Galleria mellonella* ; de LUDWIG et WUGMEISTER (1953), sur *Popillia japonica* ; de DUCHATEAU et FLORKIN (1959), sur *Bombyx mori* L. ; et, enfin de CHAUDHARY *et al.* (1964), sur *Tribolium confusum*.

Quant à l'excrétion qui constitue une fraction non négligeable de la perte de poids pendant l'inanition, elle a intéressé de nombreux chercheurs, mais la majorité d'entre eux ont étudié essentiellement l'excrétion urique qui représente la forme principale de l'excrétion azotée chez les insectes.

Enfin, les interrelations entre le jeûne et l'évolution des maladies a retenu l'attention des pathologistes (WEISER et WEBER, 1957 ; VAGO, 1956 ; Ooba, 1956 ; JACQUES, 1961 ; ARUGA, 1963 ; BAUD, 1965).

Nous avons repris sur un même insecte : *Bombyx mori* L., l'ensemble des investigations déjà envisagées en les complétant si possible. Tout d'abord, l'aspect pondéral nous est apparu très important à suivre parallèlement à l'évolution des grands blocs chimiques. Parmi ceux-ci, nous avons donné la priorité aux substances jouant un rôle énergétique et permettant la survie de l'insecte, de même qu'à l'eau, laissée souvent de côté, alors qu'elle est un constituant essentiel de l'animal du point de vue pondéral. Nous avons pensé suivre en même temps, l'analyse de l'insecte entier et celle de son excrétion.

Il était en définitive utile de préciser la variation de chaque substance en elle-même, mais aussi comparativement aux autres et surtout d'interpréter les modifications physiologiques apparaissant pendant le jeûne jusqu'à la mort de l'animal.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — Matériel

Nous avons utilisé comme matériel le Lépidoptère *Bombyx mori* L., dont l'œuf est issu du croisement de deux lignées européennes (200/300 R).

Le développement larvaire s'effectue en 30 jours aux conditions habituelles de température ($22^{\circ} \pm 2^{\circ}$), et d'hygrométrie (70 p. 100 d'humidité relative).

Les chenilles reçoivent comme nourriture des feuilles de *Morus alba*, distribuées en quatre repas régulièrement répartis dans la journée : 6 h, 11 h, 16 h et 21 h. Une qualité constante de la feuille implique une expérimentation effectuée au cours du printemps.

Le « repas » correspond à une quantité de feuilles supérieure aux besoins des larves ; l'ingestion se prolonge environ 3 heures (LEGAY, 1955).

C'est grâce aux différentes conditions que nous venons d'énumérer que le matériel reste homogène du point de vue croissance et que le taux de mortalité s'avère négligeable.

De plus, lorsque les larves ont ingéré, elles doivent attendre le repas suivant : l'expérimentateur peut donc arrêter l'alimentation à un moment précis, après un nombre de repas déterminé.

B. — Méthodes

Les méthodes que nous avons employées peuvent se ranger sous deux rubriques : les méthodes physiologiques et les méthodes biochimiques.

1. Méthodes physiologiques.

a) Les larves.

Les cinq intermues larvaires de *Bombyx mori* L., ne sont pas physiologiquement comparables. De nombreux indices montrent que la 3^e mue sépare assez bien deux phases différentes : la première caractérisée par une croissance plus importante et des exigences nutritionnelles plus impérieuses ; la seconde orientée vers la nymphose pendant laquelle se prépare le stade imaginal entièrement tributaire des conditions nutritionnelles de la larve (LEGAY, 1955). C'est précisément cette dernière phase qui a retenu notre attention ; elle a, par ailleurs, fait l'objet d'un grand nombre de travaux, en particulier sur le déterminisme de la mue ou de la métamorphose (BOUNHIOL, 1938 ; LEGAY, 1951 et 1955), et sur le déterminisme azoté (ALLEGRET, 1956).

Nous avons adopté le mode d'inanition généralement utilisé par les auteurs que nous venons de citer et qui consiste en un arrêt total et définitif de l'alimentation. Le moment de l'inanition conditionne le déroulement des phénomènes physiologiques précisément pendant la seconde phase larvaire ; aussi avons-nous fait intervenir le jeûne absolu soit pendant la première « période alimentaire », soit pendant la seconde, nous plaçant ainsi dans des conditions bien différentes pour analyser l'évolution des réserves au cours de l'inanition.

L'arrêt de l'ingestion est obtenu avec certitude en prélevant les larves après un nombre de repas déterminé, comptés à partir de la sortie de la mue précédente ; les chenilles inanitiées bien

entendu, sont soumises aux mêmes conditions de température et d'humidité que les animaux alimentés normalement.

Le nombre de larves mises à jeûner chaque matin à 9 heures en fonction de classes de poids déterminés était de 150 au IV^e intermue et de 120 au V^e intermue (60 ♂ et 60 ♀).

Dans les différents lots de larves ainsi constitués, les prélèvements quotidiens pour les analyses dépendent à la fois :

- de l'intermue : IV^e ou V^e.
- de la position de l'arrêt de l'alimentation dans l'intermue, les chenilles s'étant alimentées durant 1, 2, 3, 4 ou 5 jours soit 4 repas, 8 repas etc.
- de la durée du jeûne lui-même soit 0, 1, 2, 3, 4 ou 5 jours.

Les larves du V^e intermue qui reçoivent 12 repas ou davantage se nymphosent ; les chrysalides et les œufs correspondants sont analysés (BAUD, 1971).

b) *Les excreta.*

Afin de déterminer l'importance de l'excrétion, nous recueillons tous les matins à 9 heures la totalité des excreta émis durant le jeûne par des groupes de 20 larves. Ces excreta sont dans un état de dessiccation plus ou moins grand, aussi avons-nous essayé de calculer le poids frais exact de façon indirecte. Nous effectuons une détermination de la matière sèche totale excrétée par 24 heures par dessiccation de ces excreta à l'étuve à 100-105°C, jusqu'à poids constant. Sur des lots de larves plus importants (250 individus), nous prélevons des excreta émis à l'instant même ; nous calculons leur teneur en eau exacte, ce qui nous permet d'évaluer ensuite un poids d'excreta frais correspondant à 24 heures à partir de la matière sèche déterminée par ailleurs.

2. Méthodes biochimiques.

a). *Eau, poids sec.*

L'eau est déterminée après pesée en frais des différents échantillons et dessiccation à l'étuve à 100-105°C, jusqu'à poids constant.

b) *Glucides.*

Nous dosons par la méthode colorimétrique à l'anthrone sulfurique les sucres en C₆ hydro-solubles et le glycogène. Ce dernier constituant est extrait d'après la technique de S. SEIFTER, S. DAYTON, B. NOVIC et E. MUNTWYLER (1950).

c) *Lipides.*

Les lipides totaux sont analysés selon la méthode de Chabrol qui a transformé en dosage colorimétrique la réaction sulfophosphovanillique.

d) *Protides.*

La méthode titrimétrique de Kjeldahl nous permet de déterminer l'azote total.

L'azote protéique, après séparation des matières protéiques par l'acide trichloracétique à 20 p. 100 et minéralisation, est analysé selon la technique utilisée pour l'azote total.

Enfin, nous employons la méthode de dosage de BENEDICT (1922) pour déterminer l'azote urique des excreta.

Ces différents dosages sont effectués individuellement sur des larves entières (3 individus analysés à chaque prélèvement au IV^e intermue, 3 ♂ et 3 ♀ au V^e intermue), et sur 3 échantillons d'excreta correspondant à chaque échantillon de larves.

II. — RÉSULTATS

Pour chaque élément analysé par les diverses techniques que nous venons d'indiquer, nous calculons les teneurs en fonction du poids frais ainsi que les quantités contenues dans une larve ; les résultats concernant les excreta sont exprimés en p. 100 du poids sec.

Nous faisons, par ailleurs, des réserves sur l'exactitude de certaines données à

cause de l'incidence pondérale du contenu intestinal qui, chez les larves alimentées, représente la moitié ou le tiers du poids corporel, sans posséder tout à fait la même composition ; mais cette incidence diminue dès le premier jour de jeûne.

A. — Analyse pondérale

1. Larves.

Les poids larvaires observés quotidiennement sur les divers lots expérimentés nous permettent d'exprimer la perte journalière en cours d'inanition, cette perte étant rapportée à 100 de poids de départ.

Les résultats du tableau 1 traduisent une perte importante au cours des premières 24 heures de jeûne qui est de l'ordre de 7 à 8 p. 100.

TABLEAU I

Pertes journalières exprimées en p. 100 du poids initial

	Nbre de jours de jeûne	4 repas	8 repas
IV ^e intermue	1	7,06	6,58
	2	2,24	3,05
	3	2,62	1,74
	4	2,30	2,00
	5	3,14	2,67
	6	2,52	2,30
V ^e intermue	1	8,55	7,46
	2	2,16	3,50
	3	2,07	3,01
	4	1,87	3,55
	5	1,89	4,21
	6	1,75	4,41

Nous avons soustrait les poids excrétés de ces pertes quotidiennes, et nous constatons alors que la chute de poids de la première journée subsiste, elle est de 4 à 5 p. 100 contre 2 p. 100 les jours suivants ; cependant, la perte quotidienne des larves ayant reçu 8 repas au V^e intermue est plus élevée : 3 p. 100.

D'autre part, dans le cadre de la variabilité pondérale, nous avons étudié la perte de poids en fonction du poids initial des individus mis à jeûner. Ces essais portant soit sur des larves pesées individuellement, soit sur des larves groupées selon plusieurs classes de poids mettent en évidence un accroissement de la perte journalière chez les animaux les plus légers. Les figures 1 et 2 qui représentent la variation du poids larvaire au cours du jeûne pour les larves au V^e intermue qui ont reçu 4 repas illustrent ce résultat qui est valable également pour l'expérimentation à 8 repas au IV^e âge et à 4 et 8 repas au V^e âge.

Les mécanismes ayant favorisé pondéralement certaines larves au cours de la période d'alimentation sembleraient poursuivre leur action pendant le jeûne. Tout

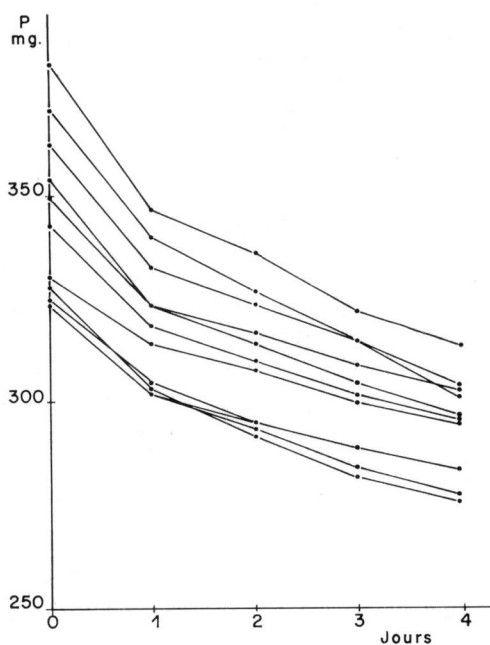


FIG. 1. — Variation du poids larvaire au cours du jeûne
Lot I, 4 repas, IV^e intermue — 10 larves isolées

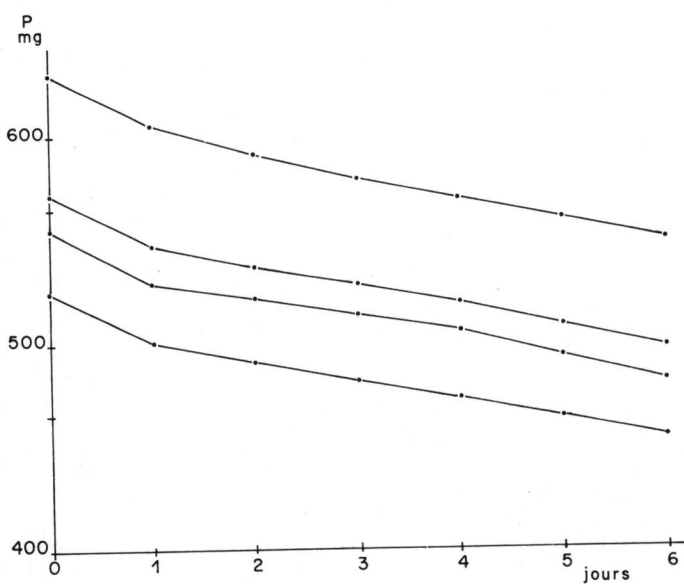


FIG. 2. — Variation du poids larvaire au cours du jeûne
Lot I, 4 repas, IV^e intermue — 20 larves groupées (4 classes de poids)

se passe comme si les chenilles plus lourdes possédaient un métabolisme mieux adapté conduisant soit à un rendement de croissance plus élevé, soit à des pertes plus faibles. Par ailleurs, nous pouvons signaler que la perte de poids s'accélère brutalement à l'approche de la mort, de même qu'au moment du vidage, à la fin du V^e intermue.

2. *Excreta.*

Les quantités excrétées en poids frais pour 24 heures et par larve sont importantes au cours du premier jour de jeûne, ensuite elles diminuent et ont tendance à se stabiliser à une valeur qui, comme le poids excrété, est fonction de l'âge et du moment de l'intermue (tabl. 2).

TABLEAU 2

Quantités excrétées par larve en mg en 24 heures et en poids frais

IV ^e intermue			V ^e intermue		
N ^o du lot	Nbre de jours de jeûne	Poids excrété	N ^o du lot	Nbre de jours de jeûne	Poids excrété
I 4 repas	1	10,08	I 4 repas	1	59,10
	2	1,64		2	11,09
	3	1,71		3	9,58
	4	1,63		4	8,76
	5	1,44		5	6,77
	6	1,59		6	6,46
II 8 repas	1	15,96	II 8 repas	1	70,54
	2	2,87		2	12,51
	3	1,87		3	11,26
	4	1,89		4	11,15
	5	1,87		5	11,07
	6	1,35		6	12,60

B. — *Eau*

1. *Larves.*

Les données expérimentales concernant la teneur en eau des larves normalement alimentées et des larves inanitiées ont été présentées dans une note antérieure (BAUD, LEGAY et PASCAL, 1966).

Nous rappellerons seulement que nous avons noté une augmentation de la teneur relative en eau de l'animal au cours du jeûne absolu.

2. *Excreta.*

La teneur en eau des excreta subit des variations plus ou moins importantes pendant l'inanition ; cette teneur, malgré toutes les précautions prises, est d'ailleurs très difficile à mesurer exactement. D'après les résultats obtenus en déterminant,

par exemple, l'eau des excréta des larves ayant ingéré 4 repas aussi bien au IV^e qu'au V^e intermue (tabl. 3), nous pouvons dire que le pourcentage d'eau excrétée augmente jusqu'à un certain moment de la période d'inanition pour diminuer ensuite.

TABLEAU 3
Poids sec et eau des excréta

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	IV ^e intermue		V ^e intermue	
		Poids sec p. 100	Eau p. 100	Poids sec p. 100	Eau p. 100
I 4 repas	1	54,54	45,46	46,60	53,40
	2	54,35	45,65	38,43	61,57
	3	45,16	54,84	32,46	67,54
	4	43,62	56,38	31,05	68,95
	5	44,53	55,47	43,10	56,90
	6	45,21	54,79	45,81	54,60

C. — Glucides

I. Sucres en C₆ hydrosolubles.

a) Larves.

Les sucres sont consommés rapidement au cours du jeûne. C'est ainsi qu'en 4 jours d'inanition leur teneur diminue environ dans la proportion de 1 à 10 chez les larves qui ont ingéré 4 ou 8 repas au IV^e intermue (tabl. 4).

TABLEAU 4
Sucres en C₆ hydrosolubles : larves au IV^e intermue

N° du lot	Nombre de jours de jeûne	Sucres p. 100 du poids frais	Sucres pour une larve (mg)
I 4 repas	0	1,05	3,68
	1	0,45	1,47
	2	0,18	0,57
	3	0,15	0,46
	4	0,12	0,36
II 8 repas	0	1,33	6,90
	1	0,46	2,23
	2	0,20	0,94
	3	0,15	0,70
	4	0,14	0,63
III 12 repas	0	1,21	11,71
	1	0,80	6,78
IV 16 repas	0	1,91	22,67

TABLEAU 5

Sucres en C₆ hydrosolubles : larves au V^e intermue

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	Larves ♂		Larves ♀	
		Sucres % du poids frais	Sucres pour une larve (mg)	Sucres % du poids frais	Sucres pour une larve (mg)
I 4 repas	0	0,83	11,08	0,77	12,54
	1	0,17	2,06	0,15	2,16
	2	0,16	1,65	0,14	1,79
	3	0,12	1,15	0,12	1,24
	4	0,12	1,15	0,10	0,96
	5	—	—	—	—
	6	0,11	1,01	—	—
II 8 repas	0	0,90	16,75	0,89	19,58
	1	0,28	4,42	0,29	5,66
	2	0,12	1,77	0,13	1,87
	3	0,11	1,28	0,11	1,69
	4	—	—	—	—
	5	0,10	1,19	0,10	1,50
III 12 repas	0	1,10	31,24	1,00	32,16
	1	0,41	9,29	0,40	10,95
	2	0,20	4,95	0,19	4,99
	3	0,15	3,25	0,15	3,32
	4	0,14	2,69	0,15	3,16
IV 16 repas	0	1,16	39,21	1,22	44,52
V 20 repas	0	1,60	58,27	1,80	74,63
VI 24 repas	0	1,89	80,57	2,21	121,75

TABLEAU 6

Sucres en C₆ hydrosolubles : excreta

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	IV ^e intermue		V ^e intermue	
		Sucres % du poids sec	Sucres par larve (mg)	Sucres % du poids sec	Sucres par larve (mg)
I 4 repas	1	9,01	0,50	6,55	1,80
	2	6,30	0,06	4,20	0,18
	3	5,01	0,03	2,38	0,07
	4	3,67	0,03	1,17	0,03
	5	3,07	0,02	—	—
II 8 repas	1	8,23	0,51	5,73	2,08
	2	5,84	0,08	4,41	0,29
	3	4,58	0,04	4,07	0,19
	4	2,83	0,02	2,20	0,13
	5	2,66	0,02	—	—

Au V^e intermue, la variation de la teneur en sucres du premier au dernier jour de jeûne est moins importante, mais comme au IV^e intermue, il reste toujours en fin d'inanition une quantité résiduelle stable, de l'ordre de 0,10 p. 100 (tabl. 5).

Aucune différence ne se dégage entre les teneurs en sucres des larves ♂ et ♀ du moins pour les lots I, II, III dans lesquels les animaux ont été soumis au jeûne absolu ; par contre, à partir du lot IV les teneurs des chenilles ♀ sont supérieures à celles des ♂.

b) *Excreta.*

Les résultats contenus dans le tableau 6 mettent en évidence une excrétion importante de sucre pendant les premières 24 heures de jeûne ; le pourcentage de sucres excrété en fonction du poids sec est plus élevé au IV^e qu'au V^e intermue, mais en fin d'inanition, excepté pour le lot III (8 repas au V^e intermue), une larve excrète environ 0,02 mg de sucres.

2. *Glycogène des larves.*

Nous avons en premier lieu vérifié qu'il n'y avait pas de glycogène dans le tube digestif de la larve dont l'importance n'est pas sans incidence sur la teneur apparente des tissus de l'insecte.

Le glycogène disparaît très rapidement sous l'effet du jeûne larvaire ; quel que soit l'intermue considéré, le niveau atteint est très bas (BAUD, 1967). On peut penser que, s'il se forme encore du glycogène aux dépens d'autres réserves, celui-ci est immédiatement utilisé par la larve pour satisfaire ses besoins énergétiques pourtant réduits.

Nous signalons, de plus, que la consommation de glycogène est connue avec une grande exactitude étant donnée l'absence de ce corps dans l'excrétion ; ce qui ne sera pas le cas, par exemple, pour certaines formes azotées.

D. — *Lipides*

1. *Larves.*

Les lipides sont utilisés par les larves qui sont soumises à l'inanition. Nous notons aussi bien au IV^e qu'au V^e intermue, une chute importante du taux de lipides au cours du jeûne, mais les quantités présentes dans les animaux en fin d'expérimentation, sont relativement élevées par rapport à celles des sucres en C₆ ou du glycogène ; le stock lipidique n'est sans doute pas épuisé à la mort de l'animal (tabl. 7 et 8).

En ce qui concerne la remarque faite sur les erreurs d'évaluation des teneurs imputables au poids parasite du contenu intestinal, nous apporterons ici un point de vue différent. La teneur en lipides de la feuille non digérée est importante : 3 p. 100 du poids frais ; et, principalement au début du jeûne, l'évaluation des teneurs larvaires doit être légèrement trop élevée.

La méthode d'analyse adoptée peut, par ailleurs, présenter certaines imperfections, mais elle reste bien adaptée à notre matériel pour la détermination des acides gras métabolisables. La comparaison systématique avec la méthode de Kumagawa nous a apporté la certitude d'une évaluation légèrement plus faible par la technique colorimétrique mais la méthode extractive trop énergique dégrade les lipides structuraux et les substances étrangères au bloc lipidique peuvent même être entraînées.

TABLEAU 7. — *Lipides : larves IV^e intermue*

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	Lipides % poids frais	Lipides pour une larve (mg)
I 4 repas	0	1,23	4,31
	1	0,58	1,89
	2	0,39	1,24
	3	0,24	0,74
	4	0,18	0,54
II 8 repas	0	1,49	7,72
	1	0,65	3,15
	2	0,48	2,25
	3	0,44	2,02
	4	0,39	1,75
III 12 repas	0	1,27	12,47
	1	0,69	5,83
IV 16 repas	0	2,68	33,66

TABLEAU 8. — *Lipides : larves V^e intermue*

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	Larves ♂		Larves ♀	
		Lipides % poids frais	Lipides pour une larve (mg)	Lipides % poids frais	Lipides pour une larve (mg)
I 4 repas	0	1,26	18,41	1,19	18,27
	1	0,59	7,45	0,65	8,86
	2	0,39	4,36	0,56	6,34
	3	0,37	3,70	0,42	4,62
	4	0,31	2,68	0,34	3,46
	5	—	—	—	—
	6	0,24	2,13	0,22	1,81
II 8 repas	0	1,55	33,29	1,77	43,56
	1	1,12	18,21	0,79	14,62
	2	0,95	13,21	0,72	12,35
	3	0,82	10,23	0,54	8,48
	4	—	—	—	—
	5	0,64	7,58	0,41	4,86
III 12 repas	0	2,32	62,64	1,92	60,38
	1	1,43	36,83	1,30	35,04
	2	1,20	30,90	1,10	28,82
	3	1,08	23,49	0,98	22,54
	4	0,70	11,82	0,65	12,11
IV 16 repas	0	2,65	90,31	2,51	93,99
V 20 repas	0	2,87	109,06	2,82	125,72
VI 28 repas	0	5,20	245,54	5,47	314,36

2. *Excreta*.

Comme pour les sucres en C₆, nous constatons d'après les chiffres du tableau 9 que les lipides sont excrétés en grande quantité à la fin du premier jour de jeûne : 4 p. 100 environ pour tous les lots, qu'il s'agisse du IV^e ou du V^e âge ; ensuite, ce pourcentage diminue jusqu'à une valeur qui correspond à 0,01 mg pour une larve du IV^e intermue, et à 0,03 ou 0,09 mg pour une chenille du V^e intermue.

TABLEAU 9

Lipides des excreta

N° du lot	Nbre de jours de jeûne	IV ^e intermue		V ^e intermue	
		Lipides % poids sec	Lipides pour une larve (mg)	Lipides % poids sec	Lipides pour une larve (mg)
I 4 repas	1	4,07	0,22	4,51	1,24
	2	2,84	0,03	3,14	0,13
	3	2,58	0,02	1,87	0,06
	4	2,08	0,01	1,47	0,03
	5	1,43	0,01	—	—
II 8 repas	1	3,70	0,23	4,06	1,48
	2	2,46	0,03	3,10	0,21
	3	2,24	0,02	2,96	0,14
	4	2,27	0,02	1,47	0,09
	5	1,33	0,01	—	—

E. — *Protides*1. *Larves*.

La teneur en azote total est relativement stable et indépendante du nombre de repas ingérés ainsi que de la durée du jeûne ; c'est ce que nous confirment les données du tableau 10 obtenues par l'analyse des larves du IV^e intermue.

La quantité d'azote contenue dans une larve augmente, par contre, au cours de l'intermue et diminue à mesure que le jeûne se fait plus sévère.

Ces résultats sont également valables pour l'azote protéique dont nous indiquons, à titre d'exemple, la variation au cours de l'inanition au IV^e intermue (tabl. 11).

2. *Excreta*.

Les teneurs en azote total et protéique augmentent avec la durée du jeûne ; les quantités excrétées par une larve toujours plus importantes au cours des premières 24 heures d'inanition restent assez élevées et se stabilisent dès le deuxième jour, ce qui ne fait que refléter la relative stabilité du stock azoté (tabl. 12).

Quant à la fraction urique de l'azote excrété, elle présente aussi un accroissement constant au cours des jours de jeûne successifs ; elle peut passer, en effet, de 10 à

TABLEAU IO

Azote total : larves IV^e intermue

N° du lot	Nombre de jours de jeûne	Azote total p. 100 du poids frais	Azote total pour une larve (mg)
I 4 repas	0	1,34	4,70
	1	1,25	4,07
	2	1,27	3,98
	3	1,29	3,97
	4	1,32	3,96
II 8 repas	0	1,35	7,00
	1	1,31	6,35
	2	1,32	6,19
	3	1,34	6,16
	4	1,32	5,93
III 12 repas	0	1,36	12,93
	1	1,37	11,60

TABLEAU II

Azote protéique : larves IV^e intermue

N° du lot	Nombre de jours de jeûne	Azote protéique % du poids frais	Azote protéique pour une larve (mg)
I 4 repas	0	0,90	3,16
	1	0,90	2,93
	2	0,89	2,83
	3	0,88	2,72
	4	0,90	2,71
II 8 repas	0	0,89	4,62
	1	0,89	4,31
	2	0,80	3,75
	3	0,78	3,59
	4	0,81	3,64
III 12 repas	0	0,89	8,56
	1	0,90	7,64
IV 16 repas	0	0,91	8,34

TABLEAU 12

Protides : excreta

IV ^e intermue					
N° du lot	Nbre le jours de jeûne	Azote total		Azote protéique	
		% poids frais	pour une larve (mg)	% poids frais	pour une larve (mg)
I 4 repas	1	3,33	0,18	1,49	0,08
	2	4,48	0,04	2,19	0,02
	3	9,81	0,08	4,69	0,04
	4	10,40	0,07	5,14	0,04
	5	11,26	0,07	5,72	0,04
II 8 repas	1	3,75	0,23	1,65	0,10
	2	4,26	0,05	3,16	0,04
	3	10,35	0,10	5,29	0,05
	4	11,28	0,10	5,88	0,05
	5	11,33	0,10	6,15	0,05
V ^e intermue					
I 4 repas	1	2,66	0,73	1,45	0,40
	2	6,17	0,26	2,91	0,12
	3	9,63	0,30	4,90	0,15
	4	10,42	0,28	—	—
II 8 repas	1	2,33	0,85	1,05	0,38
	2	4,10	0,27	2,09	0,14
	3	5,98	0,29	3,25	0,16
	4	9,43	0,55	4,98	0,29

TABLEAU 13

Acide urique, azote total et azote urique excrétés

IV ^e intermue : 4 repas				
Nombre de jours de jeûne	Acide urique % excreta sec	Azote urique par larve (mg)	Azote urique % excreta sec	Azote urique % azote total
1	1,05	0,06	0,35	10,51
2	2,69	0,02	0,90	20,09
3	4,64	0,04	1,55	15,80
4	8,04	0,06	2,68	25,77
5	10,77	0,07	3,59	31,88
IV ^e intermue : 8 repas				
1	1,71	0,11	0,57	15,20
2	2,82	0,03	0,94	22,07
3	4,99	0,05	1,66	16,04
4	9,91	0,08	3,30	29,26
5	11,40	0,10	3,80	33,54

31 p. 100 chez les larves du IV^e intermue et de 16 à 35 p. 100 chez celles du dernier intermue.

L'acide urique excrété par une larve en 24 heures diminue après le premier jour de jeûne et remonte ensuite progressivement jusqu'à la valeur de départ en la dépassant parfois (cas des larves ayant ingéré 8 repas au V^e intermue), ce qui dénote non pas un catabolisme des substances azotées, mais des altérations structurales qui annoncent la période létale du jeûne ; à titre d'exemple, nous donnons les résultats concernant le IV^e intermue (tabl. 13).

L'ensemble des résultats exposés va nous permettre de dégager quelques conclusions sur la physiologie de l'inanition chez *Bombyx mori* L.

III. — INTERPRÉTATION. CONCLUSIONS

L'étude que nous avons effectuée n'a été possible qu'en raison de la faculté de survie de l'insecte en l'absence de tout apport alimentaire. La durée de la résistance au jeûne larvaire est fonction de l'intermue considéré, et à l'intérieur de celui-ci du nombre de repas ingérés ; elle dépend également du poids atteint au moment du jeûne absolu.

A l'aide des données obtenues nous avons d'une part, établi les consommations réelles journalières pour une larve et pour chaque substance analysée, d'autre part, dressé un bilan qui nous a permis de décomposer en ses principaux éléments la perte de poids au cours de l'inanition et de la comparer à la somme des éléments consommés analysés.

A. — Consommations réelles journalières

Connaissant la quantité d'un constituant donné contenue dans les larves et dans les excreta, nous en calculons la consommation journalière réelle et rapportons cette consommation à une quantité initiale égale à 100 mg.

Les résultats (tabl. 14) obtenus, par exemple, pour les larves ayant ingéré 4 repas au IV^e intermue et qui peuvent, par ailleurs se généraliser nous montrent que :

- la consommation d'eau reflète une certaine stabilité par rapport à celle des autres constituants ;
- les sucres sont en partie utilisés au cours des deux premiers jours de jeûne ;
- le glycogène disparaît en grande partie (plus de 70 p. 100), à la fin des premières 24 heures d'inanition, si bien que sa consommation s'abaisse à moins de 2 p. 100 les troisième et quatrième jours de jeûne ;
- la consommation des lipides, équivalente à celle des sucres en C₆ au cours du premier jour de jeûne, reste encore élevée pendant les troisième et quatrième jours (de jeûne) ;
- l'utilisation de l'azote, faible par rapport à celle des autres constituants (excepté l'eau) pendant les premières 24 heures, n'atteint au bout de 4 jours de jeûne que 15 p. 100, ce qui se traduit par une stabilité presque complète de la teneur relative en substances azotées des larves.

TABLEAU 14
Consommation journalière réelle
 lot I, 4 repas, IV^e âge

	Eau	Sucres en C ₆	Glycogène	Lipides	Azote	Nombre de jours de jeûne
Consommation rapportée à 100	3,29	55,88	71,43	54,59	13,40	1
de la	1,27	27,45	22,11	15,38	0,64	2
quantité initiale	2,01	2,61	1,68	11,96	1,28	3
	1,87	2,29	1,26	4,71	0,21	4
Sommes des consommations journalières	8,44	88,23	97,48	86,59	15,53	

En conclusion, nous pouvons donc affirmer que :

1° l'eau, tout en représentant l'essentiel de la perte pondérale journalière ne peut être considérée comme un « matériau » de réserve ; elle est éliminée de façon constante, mais sa teneur relative en fonction de la matière sèche est en augmentation constante ;

2° les glucides, et les lipides constituent les « vraies réserves » qui sont utilisées pendant le jeûne et qui permettent à l'animal de subsister.

Par ailleurs, les glucides sont des composés facilement métabolisables, aussi avons-nous noté une disparition quasi totale de ces substances, en particulier du glycogène qui est l'aliment énergétique de base (97 p. 100 de ce constituant peuvent être consommés pendant le jeûne de *Bombyx mori* L.).

Mais cette évolution des réserves en glycogène est éminemment réversible, car si elles disparaissent très rapidement sous l'effet du jeûne, elles réapparaissent dès que les larves sont réalimentées. Ainsi, chez des chenilles de *Bombyx mori* L., ayant jeûné quatre jours au V^e intermue et contenant 0,05 p. 100 de glycogène, nous avons vérifié que le taux de ce glucide remontait à 0,90 p. 100 après deux jours d'alimentation ; les témoins sur lesquels la variation du glycogène a été suivie au dernier intermue en renfermaient au même moment 1,4 p. 100.

Le tréhalose est également bien utilisé (DUCHATEAU et FLORKIN, 1959) ; la concentration de ce dernier varie en fonction de l'espèce et du stade. TREHERNE (1958) a montré que le glucose C₁₄ était absorbé par l'intestin des criquets, puis très rapidement converti en majeure partie dans le sang en tréhalose. Ce dernier semble être synthétisé aux dépens du glycogène ; il est à peu près certain que les *corpora cardiaca* sont la source d'une hormone conditionnant le métabolisme des glucides en activant la phosphorylase ; cette hormone jouerait un rôle analogue à celui du glucagon chez les Vertébrés. De récents travaux portant sur la physiologie du jeûne chez *Ceratitis capitata* nous ont montré que le tréhalose était rapidement consommé par les adultes qui subissaient 24 heures de jeûne après avoir reçu une alimentation normale pendant dix jours (BAUD, 1971).

TABLEAU 15

Bilan

IV ^e intermue											
	Eau (1)	Sucres (2)	Glycogène (3)	Lipides (4)	N total (5)	Pertes (6) 1 à 5	Excreta non contrôlés (7)	Total des pertes (8) 6 + 7	Perte de poids (9)	Incontrôlé pour une larve (10)	Rapport en % $\frac{\text{col. 10}}{\text{col. 8}}$
4 repas J ₀ -J ₄	32,07	3,32	2,32	3,77	0,73	42,21	6,62	48,83	49,88	1,05	3,0
8 repas J ₀ -J ₄	43,14	6,27	4,00	5,98	1,07	60,46	7,76	68,22	69,34	1,12	3,0
V ^e intermue											
4 repas J ₀ -J ₇	240,93	12,25	5,04	17,98	4,70	280,90	32,50	313,40	315,33	1,93	0,6
8 repas J ₀ -J ₆	394,07	19,48	14,43	29,42	7,13	464,53	47,07	511,60	515,10	3,50	0,6

3° l'utilisation des lipides au cours du jeûne de *Bombyx mori* L., est moins importante que celle du glycogène (86 p. 100 contre 97 p. 100 : voir tableau 14).

4° de l'étude des consommations pendant le jeûne, il ressort que les protides ne peuvent faire partie des réserves utilisables au même titre que les glucides et les lipides. Chez *Bombyx mori* L. non seulement l'animal utilise très peu d'azote pendant l'inanition, mais il se pourrait qu'il continue à orienter de façon préférentielle une quantité importante de substances azotées vers les glandes séricigènes, ce qu'il serait utile de préciser quantitativement ; cette fonction développée à l'extrême chez cet insecte aboutit à rassembler une fraction azotée non mobilisable et donc non utilisable ; elle n'est qu'une excrétion obligatoire sans laquelle l'animal serait d'ailleurs intoxiqué.

C'est à partir des consommations réelles journalières que nous avons essayé de dresser un bilan.

B. — Bilan d'ensemble

Ce bilan ne peut être entendu au sens strict habituel en l'absence de tout apport alimentaire, il est forcément négatif tout jeûne conduisant inévitablement à une perte de poids.

Le bilan consistera ici simplement en une comparaison entre la perte de poids réelle et la somme pondérale des éléments perdus analysés pour une même période de jeûne. Nous avons évalué une fraction d'excreta non contrôlée dont nous avons tenu compte dans l'établissement du bilan, cette fraction venant s'ajouter au total des pertes analysées ; il s'agit sans doute des éléments suivants : cendres, amidon, cellulose, lignine. Le bilan que nous présentons semble acceptable puisque pour une larve la fraction pondérale ayant échappé à l'analyse est sensiblement de 1 mg au IV^e intermue et de 2 à 3,5 mg au V^e intermue ; le rapport de cette fraction incontrôlée au total des pertes s'avère faible (tabl. 15).

L'évaluation des consommations ainsi que le contrôle de ce bilan d'ensemble nous ont apporté une meilleure connaissance de la physiologie du jeûne, mais cette contribution resterait très incomplète sans une interprétation statistique des résultats. Cette analyse, que nous avons effectuée par ailleurs, nous a en effet permis de déterminer l'existence de deux phases distinctes dans l'orientation des métabolismes au cours de l'inanition, rejoignant par là les connaissances antérieures sur la structure de l'intermue chez les Lépidoptères.

Cependant dès maintenant, cette analyse du jeûne nous laisse prévoir que l'épuisement des réserves, surtout lipidiques, n'est pas tel qu'il puisse constituer à lui seul une raison suffisante pour expliquer la mort des animaux. Celle-ci intervient, sans doute, plutôt par le blocage des fonctions physiologiques sous dépendance alimentaire, une larve de *Bombyx mori* L., ne pouvant rester en survie sans muer. Mais, il nous est permis également de confirmer l'importance du déséquilibre entre l'eau et la matière sèche sous l'effet du jeûne (BAUD, LEGAY et PASCAL, 1966) ; la régulation de la teneur en eau, en l'absence de transit intestinal normal et des échanges respiratoires qu'il entraîne, ne se faisant plus, la teneur en eau des larves atteint alors des valeurs létales.

SUMMARY

A CONTRIBUTION TO THE PHYSIOLOGICAL STUDY
OF STARVATION IN AN INSECT.
LARVAE OF *BOMBYX MORI* L.

Ponderal and biochemical development of the caterpillar and that of excretion has been studied in the larvae of *Bombyx mori* L., exerted to total starvation during the 4th and 5th inst.

The following were the main analyzed substances : water, sugar in C₆ hydrosolubles, glycogen, all sugars, total and proteic nitrogen, uric acid.

The results thus obtained allowed on one hand to evaluate the actual daily consumption of a larva for each analyzed substance and on the other hand it helped to decompose the loss of weight during the starvation in their principal elements and to compare it with the total intake of elements.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEGRET P., 1956. *Étude des glandes séricigènes des Lépidoptères. Leur rôle dans la physiologie du développement.* Thèse, Paris.
- ARUGA H., 1963. Induction of virus infections. *Insect Pathology*. Acad. Press., 1,499-530.
- BAUD L., 1955. Influence d'une sous-alimentation quantitative au cours du dernier intermue larvaire de *Bombyx mori* L., sur son développement ultérieur et sur celui de la génération suivante. *Rev. Ver soie*, **2**, 3-4, 7, 75-159.
- BAUD L., 1963. Action comparée d'une oligo-infection à *Bacillus thuringiensis* BERL., et du jeûne absolu chez un Lépidoptère. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **261**, 3903-3905.
- BAUD L., 1967. Utilisation du glycogène au cours du jeûne chez un Lépidoptère *Bombyx mori* L. *C. R. Soc. Biol.*, **161**, 8-9, 1748.
- BAUD L., LEGAY J.-M., PASCAL M., 1966. Évolution de la teneur en eau de la larve de *Bombyx mori* L., au cours du jeûne absolu. *Bull. Biol.*, **99**, 154.
- BAUD L. (sous presse). Contribution à l'étude de la physiologie du jeûne chez *Ceratitis capitata* WIED. *Annales de la Nutrition et de l'alimentation*.
- BENEDICT P. A., 1922. The determination of uric acid. *J. Biol. Chem.*, **54**, 233-238.
- BOUNHIOL J. J., 1938. *Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphoses chez les Lépidoptères.* Thèse, Paris.
- BUXTON N. P. A., 1930. Evaporation from the mealworm and atmospheric humidity. *Proc. Roy. London*, **B**, **106**, 560.
- CHAUDHARY K. D., BERNARD R., LEMONDE A., 1964. Effects of starvation on the larval body composition and phosphorus metabolism in *Tribolium confusum* DUVAL. *Arch. intern. Physiol. Bioch.*, **72**, 17-31.
- CRAGG F. W., 1923. *Ind. J. Med. Res.*, **2**, 449-473 ; cité par CHAUVIN dans *Physiologie de l'insecte*, 1949.
- DUCHATEAU G., FLORKIN M., 1959. Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Inter. Physiol. Bioch.*, **67**, 306-314.
- HADDOW A., 1941. The influence of nutrition on egg production and longevity in unmated females body lice *Pediculus humanis corporis* (Anoplura). *Parasitol.*, **33**, 40-46.
- JACQUES R. P., 1961. The influence of physical stress on growth and nuclear polyhedrosis of *Trichoplusia ni* (HÜBNER). *J. Insect. Pathol.*, **3**, 47-54.
- LAFON M., 1941. Étude expérimentale de l'inanition chez *Phormia regina* MEIGEN. *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 193-197.
- LEGAY J. M., 1951. Le développement, la mue et l'alimentation chez le Ver à soie. *Rev. Ver soie*, **3**, 1, 162, 47-40.
- LEGAY J. M., 1955. *La prise de nourriture chez le Ver à soie.* Thèse de Sciences Naturelles, Paris.
- LEGAY J. M., BAUD L., 1953. L'influence de l'alimentation de la larve sur les caractéristiques quantitatives des pontes de *Bombyx mori* L. *Rev. du Ver à soie*, **5**, 1, 67-72.
- LUDWIG D., WUGMEISTER M., 1949. Effects of starvation on the blood of Japanese beetle (*Popillia japonica* NEWMAN), during metamorphosis. *Physiol. Zool.*, **22**, 308-317.

- MELLANBY K., 1932. The effect of atmospheric humidity on the metabolism of the fasting mealworm (*Tenebrio molitor* L., *Coleoptera*). *Proc. Roy. Soc. London*, (B) **111**, 376-390.
- Ooba H., 1956. The nature of artificially induced grasserie and flacherie in larvae of silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Sericult. Sci. Japan.*, **25**, 211.
- NIEMERKOS S., CEPELEWICZ S., 1950. Studies in the biochemistry of the wax-moth *Galleria mellonella*. I. Growth of the larval and their chemical composition. *Acta Biol. Exp.* **15**, 57-68.
- SEIFTER S., DAYTON S., NOVIC S., MUNTWYLER E., 1950. The estimation of glycogen with the anthron reagent. *Arch. Biochem.*, **25**, 191-200.
- TREHERNE J. E., 1958. The absorption and metabolism of some sugars in the locust, *Schistocerca gregaria* (FORK). *J. Exptl. Biol.*, **35**, 3, 611-625.
- VAGO C., 1956. L'enchaînement des maladies chez les insectes. *Ed. sp. Comm. Sér. Intern.*, 184 pages.
- WEISER J., WEBER J., 1957. Die Mikrosporidie *Thelohamia Hyphantria* Weiser des. Weissen Bärenspinners und anderr Mitglieder seine Biocönose. *Zeit. Angew. entomol.*, **40**, 55-70.
- WOKE P. A., 1937. *J. Parasitol.*, **23**, 313-313; cité par CHAUVIN dans *Physiologie de l'insecte*, 1949.
-

CONTRIBUTION A L'ÉTIOLOGIE
DE LA RÉCENTE PULLULATION
DE *CNEPHASIA PUMICANA* ZELL.
(LEP. *TORTRICIDAE*) A LA SUITE
DE L'EXTENSION DES CULTURES CÉRÉALIÈRES
DANS LE GÂTINAIS

J.-P. CHAMBON

avec la collaboration technique de G. GENESTIER

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

L'auteur donne d'abord les dernières informations sur la répartition géographique de *C. pumicana* et rappelle très brièvement la biologie de l'insecte.

Quelques-uns des phénomènes observés sont très importants pour la compréhension de la dynamique des populations, tels que :

- concentration des adultes et des pontes dans les bois hors des cultures ;
- diapause au premier stade larvaire ;
- dispersion des L_1 par le vent au début du printemps ;
- vie solitaire et sédentaire des larves ;
- rôle important joué par les entomophages *Microgaster tiro* REINH. et *Itopectis maculator* F. et l'épizootie de coccidiose.

Ensuite sont exposées les techniques et méthodes d'échantillonnage utilisées pour l'étude des populations sur les quatre principales cultures de la région : blé, orge, maïs, luzerne.

Les facteurs de mortalité les plus importants sont étudiés à tous les stades de l'insecte (œuf, larve, chrysalide). Outre l'action de *M. tiro* et *I. maculator*, on a mis en évidence la mortalité des L_1 en diapause sous l'écorce des arbres (30 p. 100) et le rôle joué par la pluie pendant la dispersion larvaire au printemps et durant tout le développement larvaire de mars à juin (épizootie).

Ensuite la dynamique de population est étudiée et les tables de mortalité sont établies. Le blé et l'orge seuls permettent le développement des chenilles jusqu'aux imagos tandis que sur maïs les L_1 sont détruites par l'absence de synchronisme entre la plante-hôte et le ravageur et sur luzerne toute la population larvaire (L_5 - L_6) est tuée par la récolte du fourrage début juin.

Avec ces données, l'auteur essaye de donner une interprétation sur l'étiologie de cette pullulation exceptionnelle.

En 1964-65 une pullulation exceptionnelle de *C. pumicana* ZELL. a ravagé les cultures céréalières dans le sud du bassin parisien ; ceci principalement dans des sites privilégiés présentant des bois et des taillis, répartis çà et là dans la campagne.

Depuis, chaque année, l'aire d'attaque du ravageur s'accroît du fait des particularités de son mode de dispersion. En 1971, les dégâts ont été constatés à l'ouest au-delà de Chartres (Eure-et-Loir), au nord de Paris et à l'est jusqu'à Romilly-sur-Seine (Aube). Signalons en outre que depuis 1969 la présence de *C. pumicana* sur céréales est connue dans la région d'Avignon et que des pullulations semblables à celles que nous constatons ont eu lieu en 1965-66 en Bulgarie ⁽¹⁾.

L'aspect anormal de la pullulation nous a conduit à entreprendre une étude épidémiologique, faisant ressortir un certain nombre de facteurs écologiques favorables ou défavorables à l'insecte et montrant leur importance au cours des années précédant la pullulation, de façon à préciser les causes possibles de l'explosion démographique de l'espèce.

Parmi les facteurs écologiques agissant sur les niveaux de populations d'insectes on distingue :

— les facteurs biotiques dont l'action est essentiellement liée à la densité de population ;

— les facteurs « catastrophiques » dont le rôle est indépendant de la densité numérique (climat, techniques agronomiques, etc.).

Dans les cas des brusques gradations enregistrées dans les agrosystèmes ces derniers ont souvent une action prépondérante.

Les recherches préliminaires nous ont permis de connaître les caractéristiques biologiques, écologiques et éthologiques de l'espèce, indispensables à la réalisation et à la compréhension des études de dynamique des populations de *C. pumicana* sur les quatre cultures principales de la région : blé, orge, maïs, luzerne.

Nous ne reviendrons que très brièvement sur les données essentielles, ces travaux ayant fait l'objet de publications antérieures (J.-P. CHAMBON, 1966-68-69-70-72).

C. pumicana a un cycle univoltin. Il se caractérise par une très grande polyphagie (graminées diverses, légumineuses, linacées, scrofulariacées). Très vraisemblablement c'est une espèce d'origine méditerranéenne (P. C. ZELLER, 1847 ; L. LHOMME, 1935 ; J. RAZOWSKI, 1959) qui s'est acclimatée dans la région de Fontainebleau, laquelle présente par ses caractéristiques climatiques une tendance à se rapprocher des conditions méridionales. Notons que R. de SAINT-PERRIER (1926) disait, à propos de la présence de *Sarothamnus purgens* G. G. (légumineuses papillonacées) que la région de Fontainebleau pouvait être considérée comme une aire d'expansion vers le nord de la faune et de la flore du midi.

Parmi les phénomènes observés certains se sont montrés essentiels tant pour les études de dynamique de population que pour leur intérêt méthodologique.

— Regroupement des adultes, dont l'émergence a lieu en juin-juillet, et des pontes hors des cultures dans les bois. Ceci fait partie des exigences écologiques impératives de l'espèce.

— Estivation-hivernation dans le lieu de ponte. La diapause au stade L_1 assure la synchronisation plante-ravageur.

— Dispersion par le vent des L_1 à leur reprise d'activité au printemps.

⁽¹⁾ Communication personnelle de Kristo KONTEV, Institut des Céréales, Tolbuchinsko, Bulgarie.

- Vie solitaire, d'abord en mineuse, puis tordeuse.
- Peu de déplacement des larves après leur arrivée sur la plante.
- Rôle important des ennemis naturels : *Microgaster tiro* REINH., Hyménoptère *Braconidae*, parasite de larves, *Itopectis maculator* F., Hyménoptère *Ichneumonidae*, parasite de chrysalides, importante épizootie de coccidiose liée à des conditions climatiques défavorables au cours du développement larvaire (pluviométrie).
- Action directe de la pluie sur les jeunes larves au printemps.

Les recherches entreprises ont pour but de déterminer l'importance relative des facteurs responsables de l'évolution des populations et d'isoler ceux qui peuvent être à l'origine de l'explosion démographique de l'insecte, compte tenu de certains facteurs climatiques et de l'évolution des productions agricoles dans la région concernée.

I. — DISPOSITIF ET MÉTHODE

Pour résoudre un tel problème, il a été fait appel à des techniques d'études empruntées aux méthodes de démographie humaine. Techniques déjà utilisées pour les insectes forestiers (MORRIS 1960, GÉRI et DUSAUSOY 1966, SIGWALT 1971) et sur lesquelles nous ne reviendrons pas.

Pour atteindre les buts poursuivis nous avons établi une table de mortalité, pour les populations de chacune des cultures envisagées, basée sur la collecte et l'analyse des informations quantitatives et qualitatives recueillies.

Il est primordial de rappeler ici que les problèmes posés par les études de dynamique de population sont différents selon qu'il s'agit d'insectes vivant sur des plantes pérennes (forêts, vergers) et s'y maintenant tout au long de leur cycle, ou d'insectes vivant sur des cultures annuelles différentes chaque année sur la même sole. Par ailleurs les particularités du cycle évolutif de *C. pumicana* font qu'il n'est pas possible de réaliser une étude démographique complète et suivie d'une cohorte ou d'une génération à l'autre. Il n'est donc pas envisageable, par cette méthode, de prévoir l'évolution des niveaux de population de *C. pumicana* d'une génération à l'autre dans un lieu donné.

Les tables de mortalité sont dites incomplètes. Le travail a été effectué sur parcelles voisines d'un foyer de dispersion à La Chapelle-La-Reine (Seine et Marne). Le bois refuge de 40 × 100 m est suffisamment imperméable aux courants aériens pour permettre une forte concentration homogène, de larves dans les vingt-cinq à trente premiers mètres sous le bois (LEWIS 1968, CHAMBON 1969). Les cultures sont disposées comme suit par rapport au bois : orge au nord, maïs au sud, luzerne à l'est, blé à l'ouest.

Au printemps dès la reprise d'activité des L₁ (larve au premier stade) et leur dispersion, la contamination des quatre cultures a été suivie : par des prélèvements effectués chaque semaine montrant l'installation progressive des larves en mineuses et par la capture des L₁ aux pièges englués situés aux quatre points cardinaux dans les cultures respectives montrant l'échelonnement de la reprise d'activité (tabl. 1).

La nature des productions végétales étudiées ne permet pas de façon correcte de repérer des feuilles ou des pieds pour suivre leur contamination dans le temps. C'est pourquoi dès le début et durant toute l'étude il a été prélevé hebdomadairement deux cent cinquante pieds d'orge et de blé, deux cent cinquante tiges de luzerne. L'examen de deux cent cinquante pieds de maïs était prévu mais n'a pas été fait pour les raisons que nous verrons.

Une fois parvenues sur les plantes les larves ne se déplacent pas ou très peu. Quelle que soit leur position, le prélèvement de la totalité du pied (céréales) ou de la tige (luzerne), fournit des informations précises sur la densité des populations.

Les cultures en cause constituent des milieux relativement homogènes et les prélèvements ont permis de suivre l'infestation et l'évolution de la structure de la population en place.

La précision de la technique d'échantillonnage a pu être vérifiée en confrontant les résultats obtenus par prélèvement et le chiffre des captures de L₁ au piège à glu. Il y a une parfaite concordance entre l'augmentation du nombre de chenilles installées et le nombre de L₁ capturées par piégeage. L'insecte n'ayant qu'une génération par an toute augmentation de population est due, entre le 15 mars et le 15 mai, à de nouvelles arrivées de larves sur les cultures.

Les résultats obtenus avec la méthode d'échantillonnage retenue donnent une mesure très proche de la valeur réelle de la population dans les limites de l'erreur statistique. Celle-ci, compte tenu des variations hebdomadaires, peut être considérée comme voisine de 20 p. 100. Cette mé-

TABLEAU I

Détail des captures de L_1 au piège à glu en 1971
à La Chapelle-la-Reine

Date du contrôle	Nord	Sud	Est	Ouest	Total par semaine	
1971	18-3	2	0	2	1	5
	24-3	1	0	2	3	6
	31-3	0	4	0	8	12
	6-4	8	19	26	36	89
	14-4	11	264	124	352	751
	21-4	39	57	101	47	244
	28-4	0	1	0	10	11
	5-5	1	0	0	6	7
	12-5	0	0	0	0	0
Total	62	345	255	463	1 125	

thode ne permet pas de mettre en évidence les faibles différences de niveau alors que la mortalité est quasiment nulle au cours des quatre premiers stades larvaires (les populations comptées chaque semaine sur des pieds ou des tiges différents ne pouvaient être rigoureusement identiques). Toutefois la technique utilisée a permis de noter les réductions numériques importantes survenues au-delà du cinquième stade.

L'examen au laboratoire des échantillons prélevés permet de connaître les effectifs présents, par déduction d'une semaine à l'autre le nombre de décès, la structure de la population à une date donnée, ainsi que par dissection le taux de parasitisme.

Faute de pouvoir élever cet insecte de façon satisfaisante en conditions artificielles, toute les informations rapportées sont issues des prélèvements d'échantillons.

C. pumicana a une génération par an qui s'installe du 15 mars au 15 mai. La détermination des étapes du cycle biologique se fera par comparaison des structures successives des populations observées dans le temps. L'augmentation du pourcentage d'un stade est l'indice du passage de la population à ce stade.

Ceci est vrai pour les insectes ayant des générations bien séparées et *a fortiori* s'il n'y a qu'une génération annuelle (VASSEUR et SCHVESTER, 1957).

L'espèce étudiée n'offre pas de difficultés d'interprétation, néanmoins du fait du long échelonnement des sorties de L_1 l'élevage d'individus isolés est nécessaire pour connaître de façon précise la durée de chaque stade.

Ces élevages ont été conduits sur orge et donnent les informations suivantes :

Reprise d'activité	3 mai L_1		
5-6 jours ...		larve jaune orange, capsule céphalique brune	
13-15 jours ...	8 mai début de mue L_2	larve jaune grisâtre	
8-9 jours ...	23 mai début de mue L_3	larve grise	capsule céphalique brun foncé
8-9 jours ...	31 mai début de mue L_4	larve grise	
12-13 jours ...	6 juin début de mue L_5	larve gris clair jaunâtre	capsule céphalique brun clair
10-11 jours ...	19 juin début de mue L_6	larve jaune	
10-11 jours ...	30 juin chrysalide		capsule céphalique claire
	11 juillet adulte		

De la reprise d'activité à l'obtention des adultes il s'écoule environ deux mois et demi en moyenne, la durée de développement étant plus longue pour les larves précoces que pour les tardives, ceci en raison des températures aux dates considérées.

II. — PRINCIPAUX FACTEURS DE MORTALITÉ AUX DIFFÉRENTS STADES

Bien que cette étude ne concerne que la partie du cycle au cours de laquelle l'insecte est présent sur la culture nous rapportons les données réunies sur la mortalité au stade œuf et L_1 au cours de la diapause.

A. — *Au stade œuf*

La durée de ce stade n'excède pas quinze à vingt jours. Après l'éclosion il est aisé de dénombrer sur les branches les chorions vides et ceux n'ayant pas libéré de chenille. Par des contrôles portant sur plusieurs centaines d'œufs nous avons constaté une mortalité très faible de l'ordre de 1 p. 100 : les œufs ayant pratiquement tous éclos. Il n'a pas été observé de parasites ou de prédateurs vivant aux dépens de ce stade de telle sorte que la mortalité enregistrée peut être dite endogène, c'est-à-dire due à des malformations ou à la non fécondation par exemple.

B. — *Durant le premier stade larvaire en diapause sous l'écorce*

L'inaccessibilité de ces larves rend les examens délicats et longs. Néanmoins nous avons procédé à des sondages tout au long de cette période (8 mois et demi).

Les pontes de treize femelles obtenues sur des branches n'ayant jamais abrité auparavant de larves, ceci pour ne pas se trouver en présence des cadavres de L_1 des générations précédentes, ont servi dans cet essai. Après l'éclosion, les L_1 sont passées sous l'écorce et ont tissé leur hibernaculum. Les branches ainsi pourvues en août ont été placées à l'extérieur dans une haie de façon à mettre les larves dans des conditions naturelles. Chaque mois, il fut procédé à l'examen d'une trentaine de cocons, ceci dès le mois de septembre jusqu'en février époque à laquelle les L_1 sont aptes à reprendre leur activité si les conditions de température le permettent.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 2

TABLEAU 2

Mortalité des L_1 au cours de la diapause sous l'écorce des arbres

Date	L ₁ vivantes	L ₁ mortes	% de mortalité	
1970 {	14-9	23	7	23,3
	14-10	22	8	26,6
	17-11	23	10	33
	17-12	23	12	34
1971 {	13-1	21	9	30
	16-2	25	10	28,5

Il ressort de ces observations que, dès le début de l'estivation, il y a une mortalité de 23 p. 100 des L_1 . Ce chiffre s'élève légèrement et voisine 30 p. 100 au moment de la reprise d'activité. Cette mortalité affectant presque le tiers de la population de L_1 en diapause traduit peut-être une adaptation écologique imparfaite de l'insecte à nos régions. Cette mortalité en effet n'est pas due à des lésions parasitaires, les échantillons étudiés ayant été soustraits en temps voulu à l'action de *M. tiro* qui rappelons-le, pond en juillet-août dans les L_1 de *C. pumicana* en diapause. Les basses températures hivernales n'entraînent pas de mortalité particulière. Nous avons montré expérimentalement, en plaçant divers lots de chenilles en hibernation à des températures de -10° , -15° , -20°C qu'il faut les conditions exceptionnelles de -20°C pendant 21 jours, tout à fait improbables sous nos climats, pour avoir une mortalité très importante.

C. — Au cours du premier stade larvaire, à la reprise d'activité

A cette période de sa vie la L_1 de *C. pumicana* est très vulnérable. Dans les conditions de laboratoire, la survie des chenilles, en l'absence de plante-hôte, est d'environ 7 à 10 jours, ceci sans pluie ni humidité excessive. Dans la nature, une larve arrivant sur un sol nu n'a guère plus de quelques jours d'espérance de vie. R. G. ROSENTIEL, G. R. FERGUSON et D. C. MOTE, à propos de l'espèce voisine *C. longana*, faisaient remarquer : « Les larves L_1 tombant sur un sol propre, sans plante, se déplacent peu pour rechercher leur nourriture et meurent d'inanition. »

Si les L_1 atterrissent sur des cultures dans les meilleures conditions (sans pluie, sans vent) elles s'installent en mineuse dans un délai assez variable de l'ordre de 7 heures à 2 jours.

A la suite de diverses observations, l'action du facteur pluie nous est apparue comme prépondérante sur la mortalité de l'espèce à ce stade. Expérimentalement nous avons montré l'importance de ce facteur en utilisant une chambre à pluie. Sur des pots ensemencés d'orge nous avons fait des lâchers d'un nombre déterminé de chenilles. Une série de trois pots, ayant reçu chacun vingt L_1 a été placée au laboratoire et n'a reçu aucune pluie de façon à préciser le pourcentage d'installation de larves en mineuses sans intervention d'un facteur défavorable.

D'autres séries de pots d'orge ayant reçu chacun au moins 20 L_1 ont été placées en chambre à pluie et ont subi divers traitements de façon à montrer l'action de ce facteur.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 3.

Nous voyons déjà dans ce tableau que sur une population de L_1 arrivée sur l'orge et ne recevant pas de pluie, 66,6 p. 100 des individus s'installent en mineuse. Dès que l'on fait intervenir le facteur pluie ce pourcentage régresse et ceci d'autant plus que la durée de la précipitation et la quantité d'eau tombée sont plus grandes. Ce phénomène est encore accentué par la réduction du délai entre l'arrivée des L_1 sur la plante et l'intervention de la pluie.

Ces résultats montrent l'action d'un printemps pluvieux au cours de la période de reprise d'activité des larves. Celles-ci ne pouvant fixer leur soie sur les feuilles mouillées sont entraînées au sol et noyées ; inversement l'absence de pluie au cours de cette période est un facteur favorable à l'espèce.

La mortalité des L_1 arrivées sur le terrain peut être totale. Nous verrons qu'il en

est ainsi pour les cultures de maïs dont le semis s'effectue début mai. La levée ayant lieu dix à quinze jours plus tard il en résulte que les L_1 arrivent sur un sol nu et meurent d'inanition.

Une fois installées en mineuses dans le parenchyme des feuilles il n'y a pratiquement plus de mortalité enregistrée pour les L_1 .

TABLEAU 3

*Action du facteur pluie
sur l'installation en mineuse des L_1 de C. pumicana*

Date du traitement	Date du dépouillement	Traitement	Durée de pluie (mn)	Quantité de pluie (mm)	Répétition	% d'installation en mineuses
13-4	16-4	Témoin sans pluie	—	—	3 pots de 20 L_1	66,6
20-4	24-4	1 h après le lâcher des L_1	1	3,2 à 3,4	3 pots de 30 L_1	40
24-4	27-4	1 h après le lâcher des L_1	2	6	4 pots de 25 L_1	49
16-4	20-4	2 h après le lâcher des L_1	1	1,8	4 pots de 20 L_1	42,5
17-4	20-4	2 h après le lâcher des L_1	2	4	4 pots de 20 L_1	37,5
27-4	30-4	2 h après le lâcher des L_1	2	6	4 pots de 20 L_1	38,75
30-4	4-5	2 h après le lâcher des L_1 + 1/2 h après	2 2	6 6	4 pots de 20 L_1	25
23-4	27-4	2 h après le lâcher des L_1 + 1 h 1/2 après	2 2	5 à 6 5 à 6	4 pots de 20 L_1	11,25
5-5	8-5	2 h après le lâcher des L_1	65	9	4 pots de 20 L_1	16,2
4-5	8-5	dès le lâcher des L_1	60	10	4 pots de 25 L_1	7

D. — Mortalité au cours des stades 2, 3 et 4

La mortalité au cours de ces trois stades est très faible. Au cours des stades 2 et 3 la larve vit en mineuse et nous n'avons noté que très peu de larves mortes. Parvenue au quatrième stade, la chenille fait des « pincements » et là encore la mortalité est quasiment nulle.

E. — Mortalité aux cinquième et sixième stades

A ces stades la mortalité est très forte.

— Celle due à *M. tiro* dont nous avons constaté la présence dans environ 40 à 45 p. 100 des chenilles reprenant leur activité en 1971. L'endoparasite tue les larves en fin de cinquième et début de sixième stades.

— Celle due à une épizootie, frappant les larves en fin de cinquième et sixième stades, favorisée par des densités de population élevées (blé) et des conditions climatiques défavorables à l'insecte le rendant ainsi plus sensible.

Selon la densité de population cette épidémie a plus ou moins réduit les populations ; très fortement dans le champ de blé où la densité voisinait mille larves pour deux cent cinquante pieds et beaucoup plus faiblement dans l'orge où la densité de population était environ sept fois moins élevée.

— Enfin la mortalité directement liée aux fortes pluies de la deuxième décade de juin. Cette observation rejoint celle de E. HAHN (1963) au sujet d'une autre espèce de *Cnephasia* (fig. 1).

Températures en degrés C.

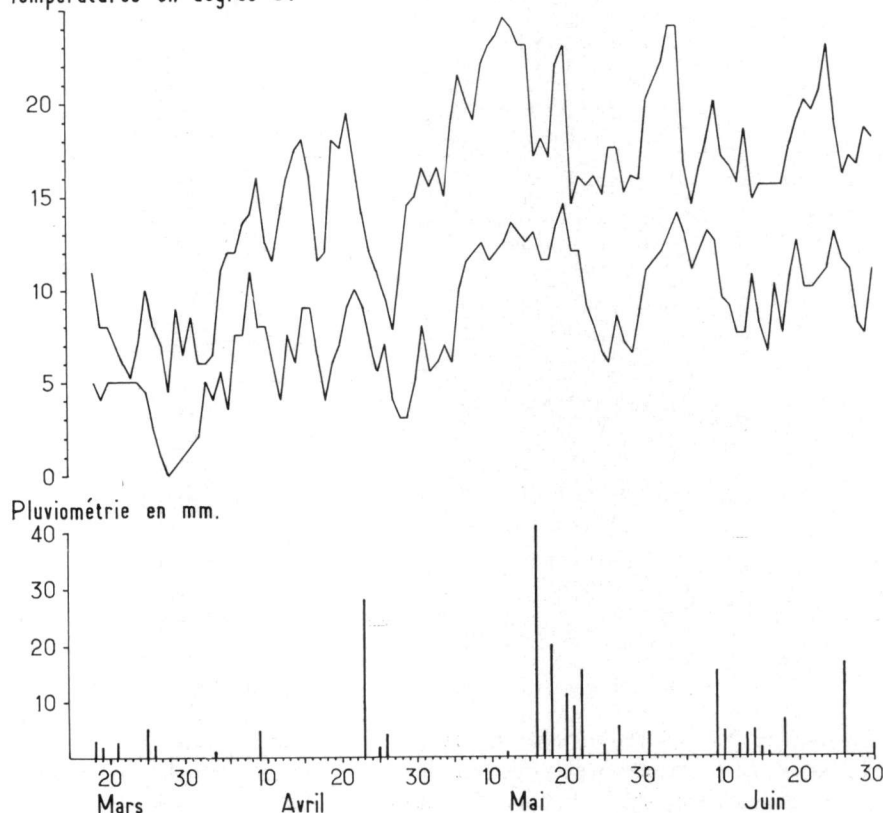


FIG. 1. — Relevé climatique du 15 mars au 30 juin 1971 à La Chapelle-La-Reine

F. — Mortalité des chrysalides

Celle-ci s'élève à environ 60 p. 100 en 1971, elle est due d'une part à *Itoplectis maculator* F. qui pond dans les prénymphes et les jeunes chrysalides et les tue et d'autre part à des causes mal définies qui pourraient être les conséquences de l'épizootie contractée par les larves.

Les proportions de ces deux facteurs sont différentes selon les populations observées. Dans le blé où l'épizootie était grave, sur vingt-trois chrysalides mortes, trois seulement ont libéré des parasites ; les vingt autres n'ont rien donné et sont peut-être mortes de maladie. Dans l'orge, la densité de population étant beaucoup plus faible nous avons sensiblement 50 p. 100 des chrysalides mortes qui ont libéré des *Itoplectis*, les cinquante autres étant mortes pour d'autres raisons. Il est fort probable que, dans la culture de blé la mort des chrysalides par maladie ait entraîné la mort du parasite masquant ainsi son importance relative.

G. — Mortalité au stade adulte

Dès leur émergence, les papillons se regroupent dans les bois. Un certain nombre d'entre eux sont la proie des araignées et des oiseaux mais ceci dans des proportions très faibles. De toute façon la mortalité à ce stade est totale après la ponte, au bout de quinze à vingt jours dans les meilleures conditions.

III. — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE LA GÉNÉRATION 1971
POUR CHACUNE DES CULTURES CONSIDÉRÉES

Dans cette étude, seuls ont été pris en considération les six stades larvaires (L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 , L_6) et le stade chrysalide. Pour les L_1 il a été tenu compte uniquement de celles installées en mineuses. Nous savons que dans des conditions favorables, 34 p. 100 des larves ne s'installent pas et leur petite taille ne permet pas de les retrouver sur le terrain. Quant aux adultes, quittant les cultures dès l'émergence, ils n'ont pas été pris en considération dans cette étude.

A chaque prélèvement les larves dénombrées sont examinées de façon à préciser leur stade et disséquées afin de déterminer le taux de parasitisme. Dès les premiers prélèvements à partir du 14 avril 1971 nous pouvons attribuer le parasitisme à *M. tiro* REINH. dont nous connaissons la biologie (CHAMBON, 1972). Au cours du mois de juin en présence des L_6 et des chrysalides interviennent d'autres parasites jusqu'ici identifiés de façon imprécise. Toutefois on peut attribuer le rôle le plus important à *I. maculator* F.

A. — Sur blé à l'ouest du foyer (fig. 3, tabl. 4)

Comme le montre le graphique des captures de L_1 arrivant sur la culture, la population se constitue entre le 15 mars et le 15 mai. Sur la figure 3 nous voyons que les stades sont bien séparés avec toutefois un certain chevauchement dû à l'échelonnement des arrivées de L_1 .

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb.	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<i>Cnephasia pumicana</i> Zell.	sortie des L1 L1 L2 L3 L4 L5 L6 chrysalides adultes Ponte L1 en diapause sous l'écorce												
<i>Microgaster tiro</i> Reinh.	L1 L2 L3 nymphes adultes Ponte L1 en arrêt de développement dans la L1 de l'hôte												
<i>Itopectis maculator</i> F.	hibernation adultes Ponte adultes n. générations sur hôte de remplacement hibernation												
Blé	stade herbacé montée épiaison moisson semis levée tallage stade herbacé												
Orge	semis tallage montée épiaison moisson												
Maïs	semis levée végétation récolte												
Luzerne	pousse fauchage												
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb.	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars

FIG. 2. — Schéma récapitulatif des relations plantes-hôtes-ravageur-parasites

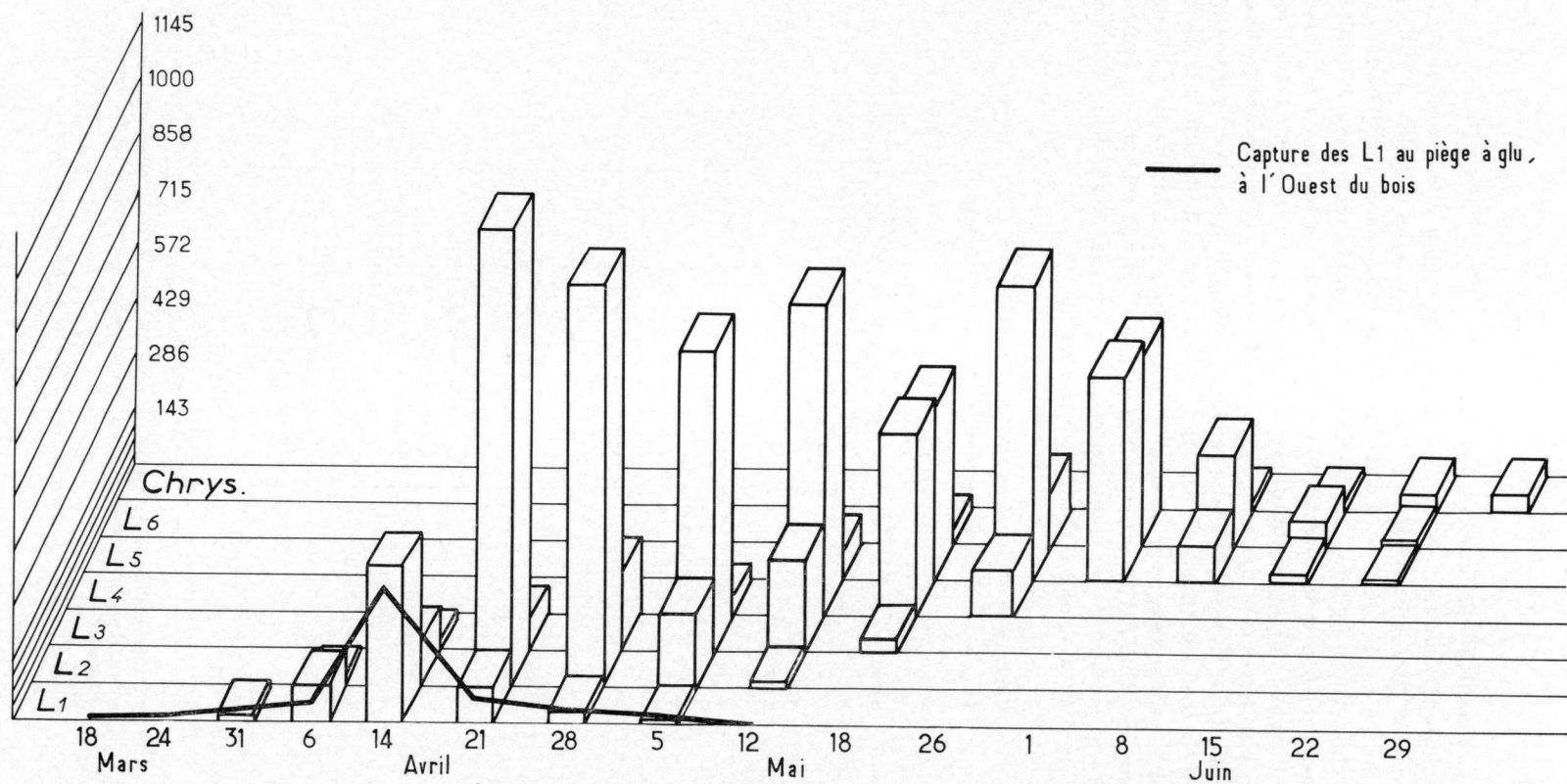


FIG. 3. — Évolution quantitative et structurale de la population de *C. pumicana* sur blé en 1971

Évolution quantitative de la population (tabl. 4).

Il faut noter quant à l'effectif des L_1 une sorte d'anomalie. Nous pouvons considérer dès le 28 avril qu'il n'y a plus d'arrivée de nouvelles chenilles et en faisant la somme des L_1 , L_2 , L_3 présentes à cette date estimer le nombre initial de L_1 installées comme étant voisin de mille à mille deux cents compte tenu de la mortalité quasi nulle jusqu'au stade 4. L'éventail d'erreur est dû à la technique d'échantillonnage.

Il se trouve que le maximum de L_1 enregistrées se situe le 14 avril (401 L_1) date des plus fortes captures au piège à glu, et que jamais nous n'avons été en présence d'effectif de L_1 susceptible d'atteindre le millier de larves. Ceci peut s'expliquer aisément, le temps de passage entre la L_1 et la L_2 est assez bref de l'ordre de cinq à six jours, or il se trouve qu'au 14 avril beaucoup de L_1 récemment parvenues sur la culture n'étaient pas encore installées et de ce fait ont échappé au contrôle. Au prélèvement suivant du 21 avril toutes les L_1 arrivées avant le 14 avril avaient mué en L_2 et ainsi n'ont pas été répertoriées en L_1 .

Table de mortalité incomplète pour *C. pumicana* ZELLER sur blé
Génération 1971 (La Chapelle-la-Reine)

Stade x	Survivant S_x	Facteur de mortalité	Décès D_x	Quotient de mortalité
L_1 installée	1 000-1 200	néant	0	0
L_2	1 000-1 200	—	0	0
L_3	1 000-1 200	—	0	0
L_4	1 000-1 200	—	0	0
L_5 jeune	1 100-1 200	—	0	
L_5 âgée	40 fin de dév.	<i>Microgaster tiro</i> (fin de stade) Épizootie (coccidiose)	1 060	96 %
L_6		Pluie Parasites divers		
Chrysalide	40	<i>Itopectis maculator</i> Chry. non écloses	3 20 23	57 %
IP	17			

Table établie pour les populations de 250 pieds de blé prélevés chaque semaine du 18 mars 1971 au 29 juin 1971 et examen des chrysalides récoltées au laboratoire.

La cohorte initiale de L_1 constituée par la somme des larves mineuses le 28 avril peut être estimée raisonnablement à environ mille à mille deux cents chenilles. Le nombre de L_2 est obtenu de la même manière ; la somme des larves au 12 mai 1971 nous donne l'effectif de mille cent quinze L_2 . En additionnant les L_4 , L_5 , L_6 au 26 mai nous avons mille sept L_3 et au 1^{er} juin mille cinquante L_4 . Nous voyons que pour les quatre premiers stades la mortalité des larves est pratiquement nulle les effectifs se maintenant d'un stade à l'autre dans la fourchette mille-mille deux cents, conclusion que nous avons prévue au cours de nos dépouillements par l'absence d'individus morts.

Pour le stade cinq dont la durée de développement voisine quinze jours on peut estimer la population au premier juin à mille cinquante L_5 . C'est à la fin de ce stade et au début du sixième que se marque l'action de *M. tiro* qui en 1971 parasite environ 45 à 50 p. 100 de la population. On pouvait donc s'attendre à avoir une

TABLEAU 4

*Évolution de la population de C. pumicana sur blé
en 1971 à l'ouest du foyer de dispersion*

(Observation portant sur 250 pieds chaque semaine — infestation de départ nulle)

Date du prélè- vement	Nombre total de larves	Nombre d'individus							Nombre de larves parasitées	% de parasitées
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	Chrysalides		
18-3	0									
24-3	0									
31-3	25	25							5	
6-4	92	90	2						10	
14-4	497	401	93	3					270	54
21-4	1 300	90	1 155	55					572	44
28-4	1 248	30	1 009	209					499	40
5-5	1 020	14	209	757	40				545	55
12-5	1 138	0	24	250	780	84			524	47
18-5	1 000	0	0	32	479	461	28		510	51
26-5	1 007	0	0	0	111	755	141		614	61
1-6	1 050				0	536	514		588	56
8-6	338				0	90	242	6	176	52
15-6	100				0	16	69	15	42	50
22-6	55					3	8	44	4	
29-6	41					1	0	40		

population de L_6 d'environ cinq cents individus ; or le nombre de larves ayant achevé leur développement de L_6 , en se référant au nombre de chrysalides obtenues se réduit à environ 40.

Ceci est le résultat d'une part de la mortalité due à *M. tiro*, d'autre part de celle due à d'autres parasites peu nombreux et surtout de la mortalité due à une épizootie qui a détruit un grand nombre de larves au sixième stade qu'elles soient parasitées ou non. Le développement de cette épizootie est lié aux conditions climatiques défavorables du mois de juin (forte pluviométrie) qui ont accru la sensibilité de l'espèce à la maladie. Il est à noter aussi qu'un certain nombre de larves n'ont pas été retrouvées, noyées par la pluie, elles ont chu au sol pour disparaître ensuite.

Pour les chrysalides l'effectif n'est plus que de quarante, dont une partie est parasité par *Itopectis maculator*. Une autre issue de chenilles malades mourra sans donner naissance aux papillons. Les dernières enfin évolueront jusqu'à l'adulte.

Ces trois groupes se répartissent en pourcentage de la façon suivante :

	%
Chrysalides parasitées	6,9
Chrysalides mortes (adultes formés)	} 50
Chrysalides mortes (adultes non formés)	
Chrysalides donnant des imagos	43,1

Ces résultats permettent d'établir la table de mortalité sur blé.

B. — Sur orge au nord du foyer (fig. 4, tabl. 5)

Comme sur la culture précédente, la population s'est constituée du 15 mars au 15 mai. Il faut noter cependant l'énorme différence de l'effectif arrivant sur la culture. Alors qu'à l'ouest nous avons capturé 463 L_1 , au nord le chiffre de capture n'est plus que de 62 L_1 ce qui se traduit par un niveau de population dans l'orge relativement bas. Notons de plus que l'orge de printemps n'a commencé à sortir de terre que vers la fin du mois de mars échappant ainsi aux toutes premières infestations, fort réduites d'ailleurs comme le montre le graphique des captures. Nous voyons que les stades sont bien séparés, avec cependant, comme sur blé, un certain chevauchement dû aux mêmes raisons.

Évolution quantitative de la population.

L'examen de l'effectif des L_1 , comme dans le cas du blé, montre une sorte d'anomalie que l'on explique de la même façon : beaucoup de larves L_1 parvenues sur la culture le 21 avril n'étaient pas installées, et au contrôle suivant du 28 avril elles étaient déjà en L_2 et n'ont pas été enregistrées comme L_1 .

L'effectif réel des L_1 est obtenu le 28 avril soit 140 à 170 larves, celui des L_2 en additionnant les larves au 12 mai est de 169, de la même façon les effectifs des L_3 , L_4 , L_5 sont révélés respectivement par la sommation des larves au 18 mai : 161 L_3 ; au 26 mai : 178 L_4 et au 1^{er} juin : 162 L_5 .

Nous voyons que pour les cinq premiers stades la mortalité des chenilles est

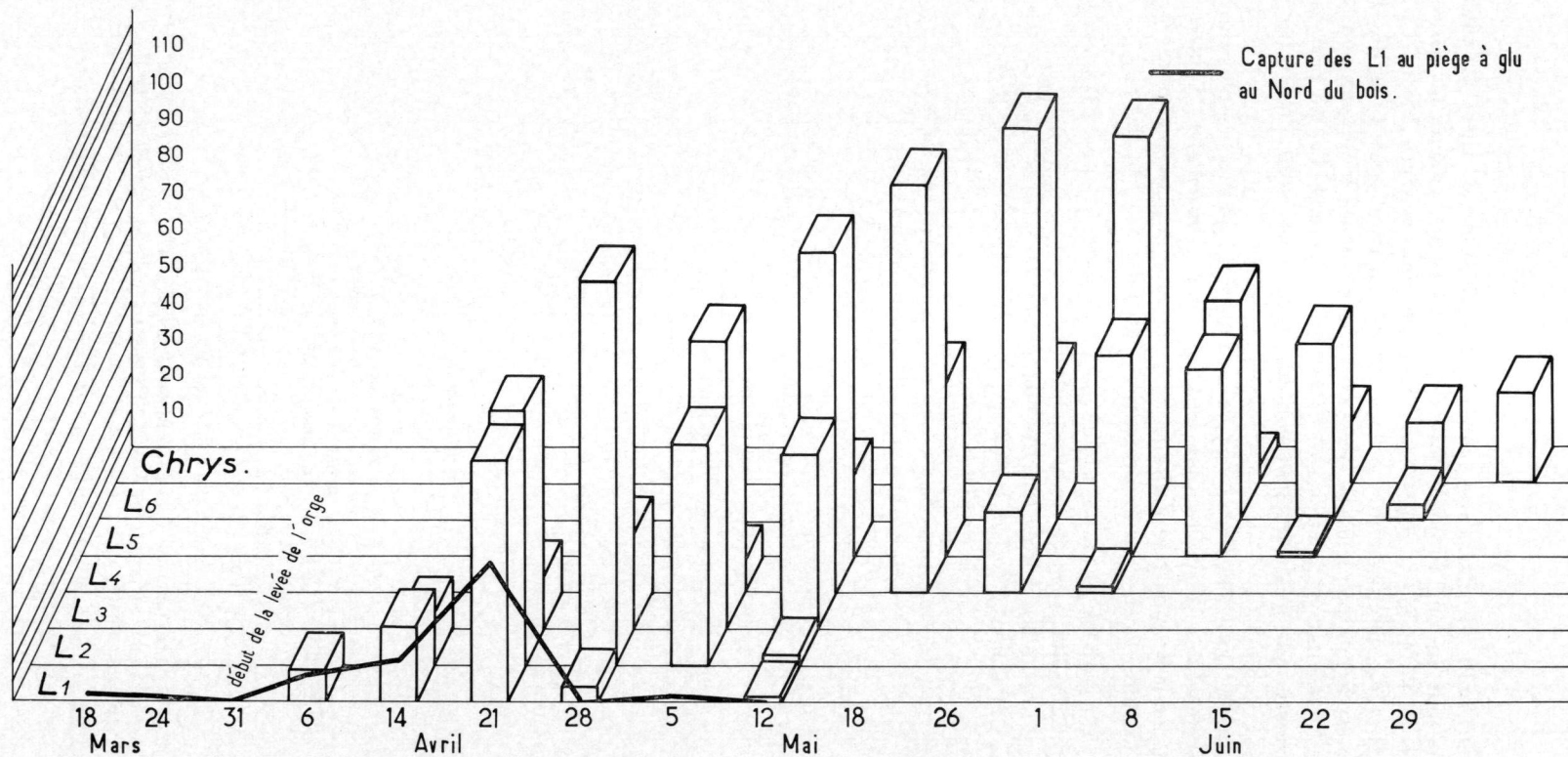


FIG. 4. — Évolution quantitative et structurale de la population de *C. pumicana* sur orge en 1971

pratiquement nulle, les effectifs se maintenant d'un stade à l'autre. Le tableau 5 montre que tout au long de nos observations nous avons constaté un parasitisme dû à *M. tiro* de l'ordre de 50 p. 100. Nous pouvions nous attendre à voir la population de *L₆* chuter de moitié environ, or le nombre de *L₆* ayant achevé leur développement nous est donné par l'effectif de chrysalides obtenues le 29 juin soit 25. Ce chiffre est le résultat de l'action de *M. tiro* d'une part et d'autre part de celle d'une épizootie qui s'est déclarée courant juin à la suite des fortes pluies enregistrées.

L'effectif de chrysalides est de 25 au 29 juin alors qu'il n'y a plus de larves. Parmi ces chrysalides certaines sont parasitées par *I. maculator*, d'autres issues de chenilles malades mourront après ou avant la métamorphose, enfin les dernières libéreront l'adulte et ceci dans les proportions suivantes :

Chrysalides parasitées	31,9
Chrysalides mortes (adultes formés)	} 36,2
Chrysalides mortes (adultes non formés).....	
Chrysalides libérant l'adulte	31,9

Table de mortalité incomplète pour *C. pumicana* ZELLER sur orge
Génération 1971 (La Chapelle-la-Reine)

Stade x	Survivant S_x	Facteur de mortalité	Décès D_x	Quotient de mortalité D_x/S_x
L_1 installée	140-170	néant	0	0
L_2	140-170	—	0	0
L_3	140-170	—	0	0
L_4	140-170	—	0	0
L_5 jeune	140-170	—	0	0
L_5 âgée		<i>Microgaster tiro</i> Épizootie		
L_6	25	Pluie Parasites divers	120	80 %
Chrysalide	25	<i>Itopectis maculator</i> Chr. non écloses	8 9 17	68 %
IP	8			

Table établie pour les populations de 250 pieds d'orge prélevés chaque semaine du 18 mars 1971 au 29 juin 1971 et examen des chrysalides récoltées au laboratoire.

TABLEAU 5

*Évolution de la population de C. pumicana sur orge
au nord du foyer de dispersion*

(Observation portant sur 250 pieds d'orge chaque semaine.
Infestation de départ nulle)

Date du prélè- vement	Nombre total de larves	Nombre d'individus							Nombre de larves parasitées	% de parasitées
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	Chrysalides		
18-3		Orge non levée								
24-3										
31-3		Début de la levée								
6-4	9	9							1	
14-4	35	21	14						13	
21-4	153	67	72	14					78	51
28-4	139	4	108	27					76	54
5-5	160	0	64	84	12				67	42
12-5	172	2	5	48	95	22			75	42
18-5	163	0	0	0	114	49			90	56
26-5	178				22	117	39		103	58
1-6	162				2	55	105		69	43
8-6	115				0	51	60	4	65	50
15-6	66					1	48	17	28	43
22-6	21					0	4	17		
29-6	25							25		

C. — Sur maïs au sud du bois

Les résultats obtenus sur maïs sont fort intéressants. Le tableau 1 des captures de L₁ montre, dans la colonne sud, que la quasi-totalité des larves étaient parvenues sur le terrain dès le 21 avril 1971. Or à cette période la sole concernée était nue. Le semis du maïs effectué à une date normale pour la région a été réalisé dans la semaine du 21 au 28 avril. Les premières levées furent constatées dans la semaine du 5 au 12 mai ; date à laquelle il n'y avait plus d'arrivées de L₁ et date suffisamment tardive pour que celles arrivées précédemment soient mortes de faim.

La comparaison des captures à l'ouest et au sud (tabl. 1) permet de dire, connaissant l'infestation du blé (ouest) qu'une forte population est arrivée dans le champ sud. Celle-ci peut être estimée aux trois quarts de celle du champ ouest soit environ 750 larves au mètre carré (250 pieds de blé/m₂).

La table de mortalité n'a pu être établie, la culture de maïs ayant totalement échappé à l'infestation par *C. pumicana*. Ceci se traduit par la destruction de toutes les larves anéanties par l'absence de synchronisation entre la plante-hôte et le ravageur.

Les conséquences d'un tel événement sur l'évolution des populations de *C. pumicana* sont considérables. En effet d'après ce que nous savons du mode de dispersion des L₁ à partir du foyer, et de la répartition des larves sur le terrain en fonction de la perméabilité du bois aux courants aériens, il est aisé d'imaginer les répercussions pratiques des résultats obtenus dans les perspectives d'une réduction des populations de l'insecte.

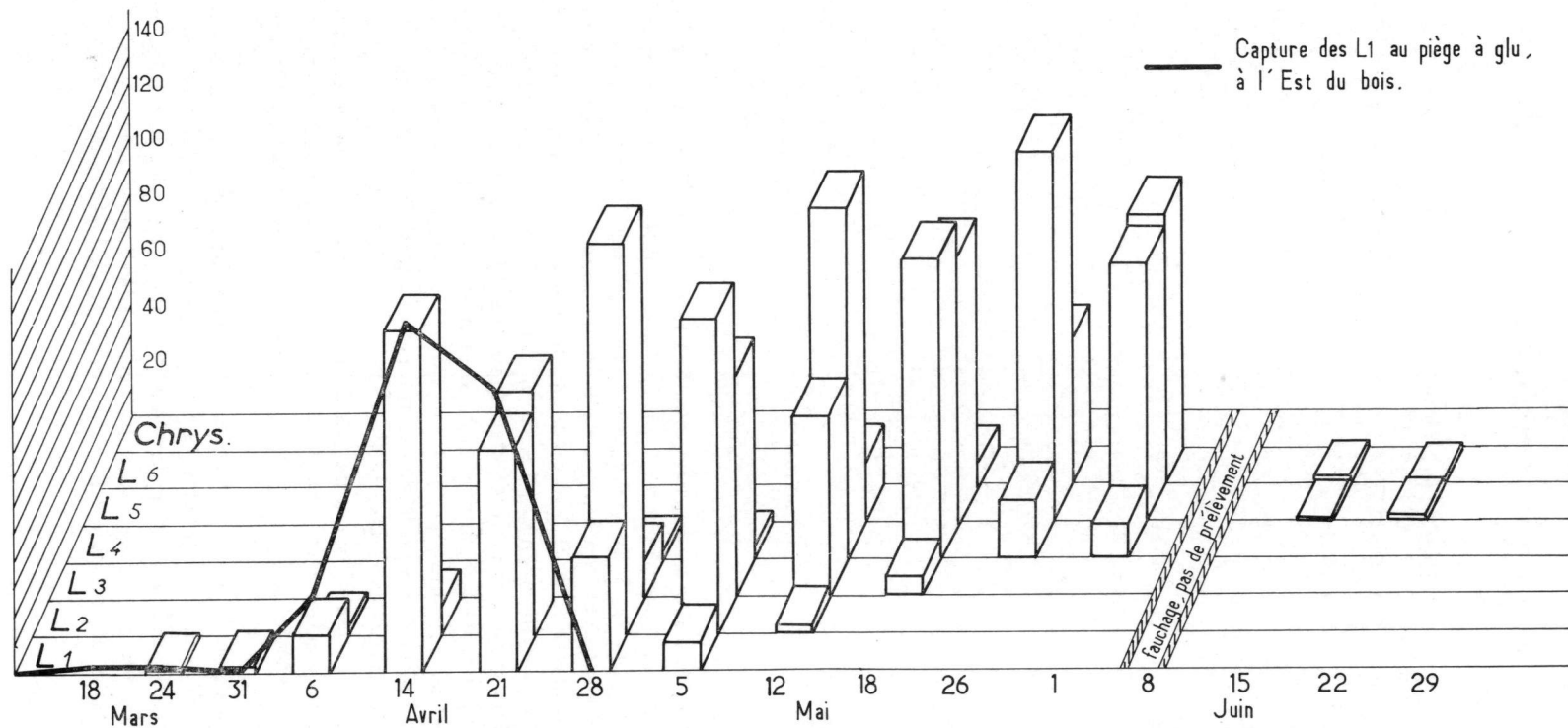


FIG. 5. — Évolution quantitative et structurale de la population de *C. pumicana* sur luzerne en 1971

D. — *Sur luzerne à l'est du bois* (tabl. 6, fig. 5)

La population, comme le montre le graphique des captures au piège se constitue du 15 mars au 15 mai.

Évolution quantitative de la population.

L'effectif des L_1 est constitué dès le 28 avril. En faisant la somme des larves le 5 mai ; cet effectif se situe à environ 220. Il se maintient à 216 L_2 le 12 mai, 218 L_3 le 18 mai et 207 L_4 le 26 mai. D'après le tableau 6 on peut estimer à un chiffre semblable le nombre des L_5 présentes au 1^{er} juin. L'effectif des L_6 n'est pas connu.

Entre le 1^{er} et le 8 juin est intervenu un facteur qu'on peut nommer catastrophique sur la population. Le fauchage de la luzerne effectué à une date normale dans les conditions de culture de la région a pour conséquence de détruire pratiquement la totalité de la population des chenilles présentes quel que soit le stade des individus. Les causes de cette mortalité brutale sont liées au séchage de la luzerne et aux différentes manipulations du fourrage (fannage, pressage). Il est très vraisemblable que l'accident survenu à la population lui a été d'autant plus néfaste qu'elle se trouvait dans un état sanitaire déficient dû aux fortes pluies des semaines précédentes.

Par ailleurs nous savions, que quels que soient les événements, 50 p. 100 de cette population étaient parasités par *M. tiro* et devaient disparaître sans tenir compte de l'épizootie qui se serait manifestée comme dans les autres cultures.

Table de mortalité incomplète pour *C. pumicana* ZELLER sur luzerne
Génération 1971 (La Chapelle-la-Reine)

Stade x	Survivant S_x	Facteur de mortalité	Décès D_x	Quotient de mortalité
L_1 installée	200-210	néant	0	0
L_2	200-210	—	0	0
L_3	200-210	—	0	0
L_4	200-210	—	0	0
L_5 jeune	200-210	—	0	0
L_5 âgée		Fauchage de la luzerne		
L_6	3	Fannage-pressage	200	99 %
Chry.	0	Épizootie Malnutrition Parasitisme	3	100 %

Table de mortalité incomplète pour la population de 250 tiges de luzerne prélevées chaque semaine du 18 mars au 29 juin 1971.

Après la récolte du fourrage de nouveaux prélèvements ont été effectués sur les repousses de luzerne ; le 15 et le 22 juin on a noté trois individus en L₅, L₆, alors qu'au dernier prélèvement du 29 juin nous n'avons rien trouvé. Les derniers individus rescapés pouvant être morts soit par parasitisme soit de coccidiose soit enfin de mauvaises conditions d'alimentation sur les jeunes repousses de luzerne.

TABLEAU 6

*Évolution de la population de C. pumicana sur luzerne
à l'est du foyer de dispersion*

(Observations portant sur 250 tiges de luzerne chaque semaine.
Infestation de départ nulle)

Date du pré- lèvement	Nombre total de larves	Nombre d'individus							Nombre de larves parasitées	% de parasites
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	Chrysalides		
18-3	0									
24-3	1	1								
31-3	3	3							1	
6-4	14	13	1						1	
14-4	136	124	12						39	33
21-4	169	80	89						76	45
28-4	200	42	142	14	2				110	55
5-5	220	10	128	78	4				130	60
12-5	221	0	5	67	127	22			75	35
18-5	220			7	109	95	9		108	49
26-5	207				21	134	52		109	53
1-6	203				13	93	97		119	59
8-6		Culture fauchée, pas de prélèvement								
15-6	3					1	2		3	
22-6	3					2	1		2	
29-6	0									

La lecture des tables de mortalité établies pour les populations de *C. pumicana* au cours de leur période d'activité larvaire sur les cultures permet de faire les remarques suivantes.

Sur blé et sur orge la mortalité est quasi inexistante jusqu'au stade cinq. C'est seulement à partir de la fin du cinquième et au sixième stades que se font sentir l'action du parasite *M. tiro* et de l'épizootie qui s'est déclarée en 1971. Une mortalité importante des chrysalides est notée. Celle-ci est due à *I. maculator* et aux conséquences de l'épidémie de coccidiose.

Bien que l'on enregistre une réduction de population de 1 000-1 200 à 17 individus sur blé et de 140-170 à 8 sur orge, seules ces cultures permettent le développement complet des larves et l'obtention des stades reproducteurs.

Sur maïs la mortalité est d'emblée totale par l'absence de coïncidence chronologique entre la plante-hôte et la population de L₁.

Sur luzerne la mortalité, à peu près nulle jusqu'au stade cinq, devient quasi totale dès le 8 juin sous l'action d'un facteur catastrophique en l'occurrence la récolte du fourrage.

IV. — ESSAI D'INTERPRÉTATION

A l'aide de ces résultats et des connaissances acquises sur l'écologie de l'espèce, essayons de préciser les causes de la pullulation exceptionnelle de ce ravageur dans le Gâtinais.

Pour ce faire rappelons d'abord l'évolution des productions agricoles de la région et l'aspect du canton de La Chapelle-la-Reine. Ces informations sont fournies par G. VASLIN (1970).

La description du site met en évidence trois régions naturelles : Une zone de forêt couvrant la plus grande partie du territoire, une zone mixte dans laquelle se trouve le premier foyer de *C. pumicana* connu (Buthiers, Boulancourt) et une zone de plaine où l'on trouve çà et là disséminés quelques taillis et boqueteaux (La Chapelle-la-Reine).

L'évolution des cultures peut être résumée ainsi. Le début du xx^e siècle est marqué par une dominance des cultures de pommes de terre (saucisse du Gâtinais). Vient ensuite une période d'élevage intensif de bovins et d'ovins associé à une grande production fourragère : luzerne, trèfle, sainfoin, prés naturels et artificiels.

Dès 1955 la réduction du cheptel ovin et bovin est amorcée suivie parallèlement par la diminution des surfaces cultivées en plantes fourragères.

La nature du sol, présentant des analogies avec celle de la Beauce, les conditions climatiques adéquates ont favorisé le développement des cultures céréalières, en particulier d'orge de brasserie et de blé. A l'heure actuelle l'élevage est pratiquement inexistant dans la zone attaquée par *C. pumicana* où l'on note 74,2 p. 100 des terres labourables consacrées aux céréales et 8,9 p. 100 aux cultures fourragères soit 9 379 ha de céréales pour 902 ha de fourrage.

Il est à remarquer, depuis 1965, une tendance à l'augmentation progressive des surfaces réservées au maïs en remplacement des fourrages qui depuis cette date ont perdu environ 1 000 hectares. En 1964, il y avait 60,37 ha de maïs, en 1970 il y en a 1 308,08 ha.

Les variations enregistrées dans l'importance des surfaces consacrées à telle ou telle production sont vraisemblablement à l'origine de l'explosion démographique de *C. pumicana* et contribuent actuellement dans le sens de la réduction des populations.

Nous avons montré en effet dans l'étude de dynamique de population que le blé et l'orge sont deux cultures favorables au développement de l'insecte. En avril, les céréales de printemps et d'automne sont au stade herbacé favorable à la vie mineuse des larves et, tout au long de son évolution, la plante reste en place et fournit aux derniers stades de l'insecte un aliment de choix avec les épis.

L'intensification des cultures céréalières, en remplacement des fourrages a eu pour conséquence de favoriser les populations de *C. pumicana*, d'abord en éliminant les fourrages qui par leur récolte intervenaient comme agent catastrophique de régulation des populations, et ensuite, en fournissant à l'espèce une plante-hôte, permanente tout au long de son développement larvaire, et particulièrement nutritive, favorisant ainsi l'expression de son potentiel de multiplication.

Ces premières remarques seraient incomplètes si l'on ne mentionnait pas le rôle tenu par le facteur pluie dans les années précédant la pullulation.

Nous avons montré l'effet néfaste des pluies survenant pendant la période de reprise d'activité des larves au printemps (les L_1 sont noyées et leur taux d'implantation est fortement réduit) et celui d'une pluviométrie importante sur l'état sanitaire et la survie des larves aux stades cinq et six.

L'examen des relevés pluviométriques, effectués à La Chapelle-La-Reine depuis 1951 fait ressortir une tendance à la réduction du nombre de jours de pluie et de la quantité d'eau tombée en 1960-1961 et 1962 durant la période couvrant le développement larvaire de *C. pumicana*.

Alors que de 1951 à 1955 le nombre de jours de pluie entre le 15 mars et le 15 mai oscille entre 27 et 32 jours, et la pluviométrie avoisine 130 millimètres, ces nombres varient entre 1956 et 1962 de 13 à 23 jours de pluie et la pluviométrie se situe vers 60 mm d'eau allant jusqu'à 34,9 mm en 1960.

Les constatations sont de même nature si l'on observe la période annuelle du 15 mars au 30 juin (durée du développement larvaire). On note en effet une nette diminution de la pluviosité en 1960, 1961, 1962 (28 j, 31 j, 29 j) et une pluviométrie réduite 113,7, 122,8, 115,5 mm alors que les années précédentes et suivantes fournissent des valeurs plus élevées pour ces deux éléments du climat.

Nous voyons qu'en 1960, 1961, 1962 en particulier, période au cours de laquelle s'achevait la reconversion des exploitations d'élevage en exploitations céréalières, la relative sécheresse constatée aussi bien du 15 mars au 15 mai que du 15 mai au 30 juin a favorisé d'une part l'installation des L_1 de *C. pumicana* et d'autre part le bon état sanitaire et la survie des stades ultérieurs. La poursuite d'un tel processus sur trois années, associé à une intensification des cultures favorables ont contribué à favoriser l'espèce.

C'est ainsi que de niveaux de populations extrêmement bas et passant jusqu'alors inaperçu, *C. pumicana* a progressé régulièrement pour enfin atteindre dès 1964 des niveaux de populations très élevés.

CONCLUSIONS

L'estimation de l'action des facteurs écologiques mis en jeu, la mise en évidence de la convergence d'un certain nombre d'entre eux, qui ont pu par leur coïncidence dans le temps et l'espace favoriser localement l'espèce, nous permettent avec quelques raisons de préciser les causes de l'explosion démographique brutale de *C. pumicana* dans le Gâtinais.

Sans minimiser l'action régulatrice des facteurs biotiques tels que parasites et épizootie responsables d'une très forte mortalité en 1971 liée à l'intense multiplication du ravageur les années précédentes, et au mauvais état sanitaire de la population dû à la pluviométrie, il faut considérer cependant que ces facteurs ne se sont développés qu'après la période de gradation. De sorte qu'on peut en définitive attribuer les causes de la pullulation de *C. pumicana* Z. à la convergence d'un certain nombre de conditions, à savoir :

1° Présence de bois, haies, taillis dans la campagne, indispensables à la réalisation complète du cycle évolutif de l'insecte qui y pond, estive et hiverne.

2° Disparition des cultures fourragères, dont la fauche régulière assurait une réduction catastrophique des populations chaque année.

3° Culture céréalière intense, favorable au développement de l'insecte.

4° Périodes sèches de mars à juin en 1960, 1961, 1962 qui ont permis à beaucoup de L_1 de s'installer, ainsi qu'un maintien du bon état sanitaire des populations en L_5 , L_6 .

5° Vraisemblablement existence au départ d'un taux de parasitisme très bas.

Notons cependant que l'étude faite sur maïs a clairement exprimé le rôle pouvant être joué par cette culture dans la destruction des populations de larves au premier stade dès le printemps. L'intensification de cette culture permettrait de réduire les populations du ravageur. Dans l'état actuel de la pullulation il est intéressant de noter l'importance du rôle tenu par les entomophages qui en 1971 ont détruit potentiellement plus de 50 p. 100 de la population.

Pour terminer nous constaterons que dans le cas des pullulations extraordinaires de *Cnephasia pumicana* comme dans bien d'autres cas de ce genre (*Oria musculosa* HB., *Stigmella malella* STT) l'origine est à rechercher dans les changements de productions agricoles d'une région, ou des modifications de pratiques culturales. La disparition de certaines cultures, remplacées par d'autres plus favorables à une espèce peut avoir pour conséquence une pullulation exceptionnelle accentuée par une période climatique particulière.

Reçu pour publication en décembre 1972.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE ETIOLOGY OF EXCEPTIONAL OUTBREAK OF *CNEPHASIA PUMICANA* ZELL. (LEP. TORTRICIDAE) IN GÂTINAIS

First, the author gives the last informations on the geographical repartition of *Cnephasia pumicana* ZELL. and the insect biology is succinctly recalled.

Some observed phenomena are very important for the understanding of the dynamic of population, such as :

- Concentration of imagos and laying in the wood out of the cultures.
- Diapause at the first larval instar (L_1).
- Dispersion of the L_1 by wind in the early spring.
- Sedentary and solitary life of the larvae.
- Important part played by the entomophagous insects : *Microgaster tiro* REINH. and *Itopectis maculator* F. and the coccidiose epizooty.

Then devices and methods of sampling for the populations studies on the four main cultures : wheat, barley, maize and lucerne are exposed.

The more important mortality factors, in all stages of the insect (egg, larva and pupa) are studied. In addition to the *M. tiro* and *I. maculator* action, the mortality of L_1 in diapause under the bark of trees (30 p. 100) and the part played by rain (a climatic factor) during the larval dispersion in spring and during all the larval development from march to june (epizooty) are stressed.

Then the dynamic of population is studied and tables of mortality are established. This work shows the structure, the quantitative evolution and the parasitism rate of the populations on the four cultures. We see that wheat and barley only permit caterpillars development until

imagos whereas on maize all the L_1 are destroyed by host-plant and pest no synchronism, and on lucerne all the larval population (L_5 - L_6) is killed by the early june harvest.

With this data and according to the evolution of agricultural produces and the climatic factors in the Gâtinais the author tries to give an interpretation on the etiology of this exceptional outbreak.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAMBON J.-P., 1966. Pullulation d'une tordeuse (*Cnephasia pumicana* ZELL.) sur céréales dans la région de Malesherbes (Loiret). *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **52**, 17, 1270-1272.
- CHAMBON J.-P., 1968. Mise au point d'avertissements agricoles contre la Tordeuse des céréales (*Cnephasia pumicana* ZELL. Lep. Tortricidae). *Rev. Zool. agric. appl.*, **67**, 7-9, 95-102.
- CHAMBON J.-P., 1969. Extension d'un foyer et dispersion des populations d'une Tordeuse (*Cnephasia pumicana* ZELLER Lep. Tortricidae). *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **1** (4), 433-444.
- CHAMBON J.-P., 1970. Incidence des populations de *Cnephasia pumicana* ZELL. (Lep. Tortricidae) sur les rendements des cultures d'orge. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2** (4), 555-577.
- CHAMBON J.-P., 1972. Contribution à l'étude de la biologie de *Microgaster tiro* REINH. (Hymenop. Braconidae) parasite de la Tordeuse des céréales *Cnephasia pumicana* ZELL. (Lep. Tortricidae). *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **4** (1), p. 65-82.
- GÉRI C., DUSAUSOY G., 1966. Étude d'une population de *Diprion pini* L. en forêt de Fontainebleau. I-II. *Ann. Soc. Ent. Fr. (NS)*, **2** (3), 503-548.
- HAHN E., 1963. La Tordeuse *Cnephasia longana* HAW. sur céréales et maïs. *Nacht. Dtsch. Pflschdienst* **17**, 91-93.
- JOURDHEUIL P., 1965. Facteurs limitatifs et modificateurs de l'expression du potentiel de multiplication d'un animal. *Ann. Épiph.*, **16** (4), 384-390.
- KENNEL J., 1908. *Die Paläarktischen Tortriciden*, p. 212-213.
- LEWIS T., 1968. Brise-vent, abris et distribution des insectes. *Span*, **11**, 186-189.
- LEWIS T., STEPHENSON J. W., 1966. Permeability of artificial windbreak and the distribution of insects in the leeward sheltered zone. *Ann. Appl. Biol.*, **58**, 355-363.
- LHOMME L., 1935. *Catalogue des Lépidoptères de France et de Belgique.*, Vol. II, p. 278, Lhomme, Le Carriol (Lot).
- MILNES A., 1959. Weather, enemies and natural control of insect population. *J. econ. Entomol.*, **52**, 532-533.
- MORRIS R. F., 1959. Single factor analysis in population dynamics. *Ecology*, **40**, 580-588.
- MORRIS R. F., 1960. Sampling insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, **5**, 243-264.
- PARADIS R. O., LEROUX E. J., 1965. Recherches sur la biologie et la dynamique des populations naturelles d'*Archips argyrospilus* WLK. Lep. Tortricidae dans le sud-ouest du Québec. *Mémoire Soc. Ent. Canad.*, n° 43, 1-77.
- RAZOWSKI J., 1959. European species of Cnephasiini (Lep. Tortricidae). *Acta Zool. Cracov.*, **4**, n° 6, p. 67.
- ROSENTIEL R. G., FERGUSON G. R., MOTE D. C., 1944. Some ecological relationships of *Cnephasia longana*. *J. Econ. Entom.*, **37**, 814.
- SAINT-PÉRIER R. (de), 1926. Sur la présence de *Sarothamnus purgens* GG. aux environs d'Étampes. *Feuille Nat.*, **47**, p. 110.
- SIGWALT B., 1971. Les études de démographie chez les cochenilles diaspiques. Application à trois espèces nuisibles à l'oranger en Tunisie ; cas particulier d'une espèce à générations chevauchantes *Parlatoria ziziphi* LUCAS. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **3** (1), 5-15.
- VARLEY G. C., GRADWELL G. R., 1960. Key factors in population studies. *J. Anim. Ecol.*, **29**, 399-401.
- VASLIN G., 1970. *Étude sociologique d'un canton rural en vue de l'implantation d'un travail social de communauté.* Mémoire, Diplôme de l'Institut des sciences sociales du travail. (Sous la direction de M. Imbert).
- VASSEUR R., SCHVESTER D., 1957. Biologie et écologie du Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* COMST.) en France. *Ann., I. N. R. A., série C, Épiph.*, **8**, 5-66.
- UVAROV B., 1961. Influence du développement agricole sur les pullulations d'insectes. *Span*, **4**, n° 4 142-145.
- ZELLER P. C., 1847. Bemerkungen zu einigen für Schlesien neuen Falter species. Bemerkungen über einer Reise nach Italian und Sicilian beobachteten Schmetterlingsarten. *Isis*, 669.

**SENSIBILITÉ DES LARVES
DE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY
(COL. CHRYSOMELIDAE) A *BEAUVERIA BASSIANA*
(BALS.) VUILL. (FUNGI IMPERFECTI, MONILIALES)
EN PRÉSENCE DE DOSES RÉDUITES D'INSECTICIDE**

J. FARGUES

*Station de Lutte biologique,
Groupe de Laboratoires et Services de la Minière, I. N. R. A.,
Domaine de la Minière, Guyancourt,
78000 Versailles*

RÉSUMÉ

La sensibilité à *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. des larves du 4^e stade de *Leptinotarsa decemlineata* SAY soumises à des doses réduites de DDT est étudiée en laboratoire sous diverses conditions de contamination et d'intoxication.

L'action combinée provoque des mortalités essentiellement de type « insecticide » et de type « muscardine ». L'action du DDT est rapide, alors que la mortalité par mycose est différée. Le rôle dépresseur sur l'hôte du DDT à faible dose, vis-à-vis de l'infection cryptogamique apparaît par contamination mixte du feuillage mais n'est significatif par rapport à l'ensemble des individus traités que par contamination du substrat d'enfouissement des larves.

Les différents aspects des résultats obtenus sur le doryphore sont comparés avec des travaux analogues sur le ver blanc et sont discutés en invoquant : les caractéristiques biologiques de l'hôte (rapidité du développement, présence de mues, résistance des larves du 4^e stade au DDT), l'état sanitaire de la population-hôte et le mode d'intervention.

D'après ces résultats l'auteur envisage l'association au champignon de substances perturbant le développement post-embryonnaire des insectes, afin d'allonger la durée de l'intermue des insectes à cycle rapide et ainsi de réduire les conséquences négatives de la mue sur le développement de la mycose.

INTRODUCTION

L'équilibre du système, insecte hôte-germe pathogène, est lié d'une part à l'agressivité des microorganismes et d'autre part à l'état physiologique de l'hôte, mais ce sont essentiellement les facteurs de réceptivité de celui-ci qui jouent un rôle déterminant (GRISON, 1964). La prédisposition naturelle d'un insecte dépend des facteurs

intrinsèques liés à l'hôte, tels que l'espèce, le stade, l'âge, mais aussi de facteurs extrinsèques abiotiques ou biotiques (VAGO, 1963 ; HURPIN, 1966). Or, certains agents, qui perturbent l'état physiologique de l'hôte et modifient ainsi leur réceptivité aux maladies, peuvent être contrôlés (VAGO, 1956 ; STEINHAUS, 1958).

Le recours aux substances chimiques insecticides en association avec des préparations cryptogamiques a été exploité dans les pays de l'Europe de l'Est (TELENGA, 1956, 1967). L'hypothèse soviétique, de l'augmentation de la réceptivité de l'hôte aux maladies cryptogamiques a été proposée à partir d'un certain nombre de travaux (cf. FERRON, 1970 a). PRIMAK (1959) et SIROTINA (1961) ont montré que l'intoxication par des doses réduites d'insecticide provoque une altération des hémocytes et modifie la flore intestinale ainsi que le pH de l'hémolymph. Sous l'action combinée de l'agent pathogène et du pesticide, le processus pathologique serait modifié ; ainsi les larves de *Leptinotarsa decemlineata* SAY, traitées par l'association *Beauveria bassiana*-DDT présentent une diversité plus grande et une quantité plus importante de microorganismes dans leur hémolymph que les larves traitées avec le seul DDT (SIROTINA, 1961). PRISTAVKO (1964, 1966), reprenant ce modèle, attribue l'efficacité accrue du mélange à l'action combinée de l'insecticide, de la mycose et de la microflore intestinale de l'hôte : les variations de pH de l'hémolymph seraient provoquées par le passage des germes pathogènes facultatifs de la microflore intestinale dans le sang à la suite d'une modification de la perméabilité de l'épithélium intestinal soumis à l'intoxication chimique, phénomène provoquant un affaiblissement physiologique de l'insecte.

Le bénéfice de l'association de doses réduites d'insecticides organochlorés ou organophosphorés à la muscardine blanche à *Beauveria tenella* (DELACR.) SIEM. a été récemment démontré sur *Melolontha melolontha* L. par FERRON (1970 b, 1971). Toutefois, les conditions d'infection chez les vers blancs du Hanneton commun, insecte à développement lent (intermues longues) (FERRON, 1967) diffèrent de celles des larves du doryphore à développement rapide chez qui la mue est le principal obstacle à l'infection cryptogamique en assurant le rejet du tégument contaminé (FARGUES, 1972 b). Cette remarque, jointe à certaines difficultés d'interprétation des travaux effectués par les chercheurs soviétiques sur le terrain (absence de variantes dans les protocoles expérimentaux, non dénombrement des cadavres atteints de mycose après traitement), nous a incité à reprendre au laboratoire l'étude analytique de cet aspect particulier des relations hôte-pathogène sur le même matériel : la larve du doryphore et la mycose à *B. bassiana*, en présence de doses réduites de DDT.

L'efficacité globale de l'association germe-pesticide étant étudiée par ailleurs (FARGUES, 1972 c), nous traitons ici de l'action combinée sur le développement de l'infection en tenant compte des cas de mycose, foyers potentiels de maintien et d'extension de la maladie dans la nature.

I. — TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

L'élevage du doryphore est conduit dans les cages décrites par DUSAUSOY (1964) dans les conditions définies par GRISON (1950, 1952, 1957) et DE WILDE (1953, 1954, 1956) afin d'éviter la diapause imaginale (photopériode de 16 h sur 24 h) et d'obtenir un bon rendement (température 25°C).

Nous avons utilisé le biotype *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. n° 18 (FARGUES, 1972 b)

(fig. 1) isolé en 1968 d'une chenille d'*Epinotia cedricida* DIAK. (Lep., *Tortricidae*). La conservation et la multiplication du champignon sont réalisées en culture aérienne sur milieu nutritif gélosé. Les conidiospores sont mises en suspension aqueuse dont le titre est déterminé à l'hématimètre.

Le DDT a été employé soit sous forme de DDT technique cristallisé (en solution acétonique) soit sous forme de Gésarol 50 (en suspension aqueuse).

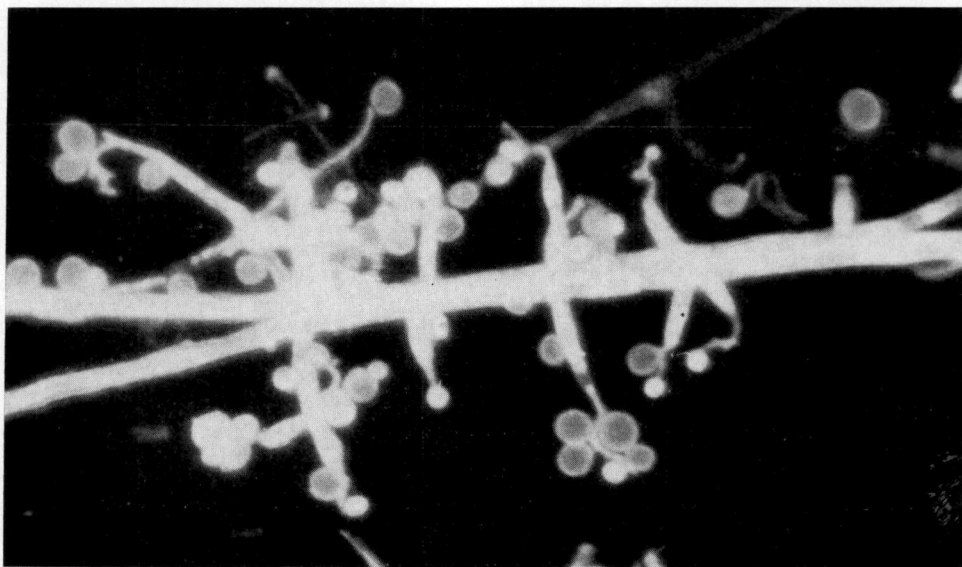


FIG. 1. — Sporogenèse de *Beauveria bassiana*: conidiophores géniculés avec stérigmates portant des conidies pseudopileuogènes

(Observation en fluorescence secondaire $\times 400$; technique de culture sur lamelle, FARGUES, 1969)

Nous avons retenu le quatrième et dernier stade larvaire du doryphore comme matériel d'expérimentation car il permet de mieux suivre les processus pathologiques en raison de la plus grande durée de son intermue par rapport aux stades précédents. Les traitements sont effectués sur les larves qui ont mué dans la demi-journée qui précède l'essai ou, si ce n'est pas possible, dans les 15 heures précédentes. La répartition des insectes dans les différentes variantes des expériences est réalisée à l'aide de tables afin d'obtenir une distribution au hasard. Après traitement, l'élevage des insectes est individuel ce qui permet d'éviter les contaminations d'un insecte à l'autre (FARGUES, 1972 b). Les essais sont réalisés dans des enceintes climatisées à $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 75 ± 3 p. 100 d'humidité relative et 16 heures de photopériode et poursuivis jusqu'à la sortie des insectes parfaits issus des individus survivants. Quatre modes de traitement ont été comparés :

1° les jeunes larves sont traitées par pulvérisation d'une suspension de conidiospores puis elles sont placées sur film toxique résiduel de DDT technique pendant 19 heures avant d'être remises en élevage individuel ;

2° les larves, après avoir été traitées sur film toxique de DDT pendant 19 heures, sont placées sur un substrat de nymphose (tourbe humidifiée) contaminé par le champignon ;

3° les larves sont déposées pendant 24 heures sur des rondelles de feuille de pomme de terre qui sont contaminées par pulvérisation, soit d'une suspension de conidiospores, soit d'une suspension de Gésarol, soit d'une suspension mixte spores + DDT ;

4° la contamination porte sur le substrat d'enfouissement des larves et de nymphose (tourbe humidifiée).

Dans le cas de contact sur film résiduel, le dépôt de DDT sur papier-filtre (STRINGER, 1949) est donné en microgrammes par centimètre carré. Il en est de même pour les quantités de matière active ou de spores pulvérisées sur les larves ou sur les rondelles de feuillage sous tour de traitement du modèle mis au point par BURGERJON (1956). Par contamination du substrat d'enfouissement les doses de produits sont exprimées par rapport au gramme de tourbe (FERRON, 1967). Les réponses étant du type « tout ou rien », nous avons travaillé avec des échantillons d'au moins 25 individus, les résultats étant analysés en calculant les caractéristiques des droites de régression logarithme de la dose-probit de la mortalité.

II. — RÉSULTATS

A. — Distribution de la mortalité

La distribution établie par PRISTAVKO (1964, 1966) entre les quatre types de mortalité des larves de doryphore soumises à l'action combinée du germe pathogène et de l'insecticide a été retenue pour la lecture des résultats :

1° le type insecticide (les larves les moins résistantes sont intoxiquées par les faibles doses de DDT. Après la mort, le pH de l'hémolymphe passe de 7,5 à 8,0 à la suite de la multiplication de la flore putride) ;

2° le type bactérien (les larves les plus résistantes présentent des perturbations engendrées par les doses réduites de DDT, la microflore intestinale pénètre dans la cavité générale. Les formes pathogènes facultatives s'y multiplient, provoquant un brusque changement de pH de l'hémolymphe dans le sens de l'alcalinité, à pH 7,1-7,4 il y a paralysie des larves suivie de la mort par septicémie) ;

3° le type muscardine (pendant l'incubation, il se produit un changement de pH de l'hémolymphe qui atteint la neutralité à la mort de la larve. Peu de temps avant celle-ci des blastospores apparaissent dans l'hémolymphe. Après la mort, il y a une brusque acidification et manifestation progressive des symptômes typiques de la muscardine blanche à *Beauveria* sp.) (fig. 2 et 3) ;

4° le type mixte (le développement du champignon inhibe la multiplication des bactéries passées dans le sang et détermine le terme du processus infectieux. L'hémolymphe présente une réaction légèrement alcaline (7,2) jusqu'à la mort, puis le pH tombe brusquement à 4,5. Les formes bactériennes pathogènes facultatives en modifiant le pH sanguin favoriseraient l'infection cryptogamique qui, une fois engagée, élimine les autres germes).

L'étude de la distribution de la mortalité dans les quatre variantes de traitement (tabl. 1, 2, 3 et 4) montre que, dans presque tous les cas, la mortalité différée à la suite de l'action combinée *Beauveria*-DDT est étroitement liée à celle des lots contaminés par le seul champignon. Il n'y a pas d'accélération du processus pathologique en associant au *B. bassiana* du DDT à des doses réduites. L'augmentation des cas de mycose chez les L_4 en prénympe dans les lots « combinés », en particulier par traitement du substrat, dépend de l'élévation du taux de mortalité par mycose provoquée par l'association des deux produits (tabl. 5).

L'importance relative des différents types de mortalité définis par PRISTAVKO (1964) ne dépend pas seulement des doses de produits utilisées, mais aussi de l'état physiologique de l'hôte, qui varie au cours de l'année et en fonction des conditions expérimentales.

Le doryphore est très sensible à la qualité du feuillage dont il se nourrit. Ainsi, en élevage permanent, on observe une mortalité larvaire de type « bactérien » (septicémie) élevée, lorsque les individus sont alimentés sur des plants de pomme de terre cultivés en photopériode courte, malgré un appoint lumineux artificiel important. En photopériode naturelle inférieure à 9 heures (mi-novembre, décembre), la qualité du feuillage est telle que 60 à 70 p. 100 des larves meurent de septicémie ; en photo-



FIG. 2. — Larves du 4^e stade de *Leptinotarsa decemlineata* présentant des taches de mélanisation, réactions tégumentaires à l'infection cryptogamique



FIG. 3. — *Doryphores* adultes tués par *Beauveria bassiana*, le champignon, après avoir pénétré et envahi son hôte, ressort du cadavre à travers le tégument au niveau des zones intersegmentaires

TABLEAU I

Variante n° 1. Distribution de la mortalité (DDT $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; Beauv. spores/ cm^2)

Traitement	Nbre L ₄ par lot	Nombre de morts par type de mortalité en fonction du stade								Mortalité totale		Cas de mycose	
		L ₄			PN		N		IP				
		Ins.	Bact.	Myc. + mixte	Bact.	Myc. + mixte	Bact.	Myc. + mixte	Bact.	Myc. + mixte	Nbre	p. 100	Nbre
Témoin	30				3					3	10		
DDT 0,09 µg/cm ²	30	4	1		6					11	37		
	41	16	4		2		1			23	56		
	9	40	20	6	3		1			30	75		
Beauv. 2·10 ² s/cm ²	30		2		1	1	1	3		8	27	4	13
	2·10 ² + 0,09	30	3	1	1	1		3		9	30	4	13
	2·10 ² + 0,9	40	18	2	3	2	1	5		31	78	7	18
Beauv. 4·10 ²	30		2	2	4		1	6		15	50	8	27
	4·10 ² + 0,09	30	3	5	7	4		1		21	70	6	20
	4·10 ² + 0,9	40	19	3	2	2		3	1	31	78	7	18
Beauv. 8·10 ²	30		4		5	6		4	3	22	73	13	43
	8·10 ² + 0,09	30	2	1	3	7		8		22	73	16	53
	8·10 ² + 0,9	40	19	1	7	6	1	3		37	93	9	23
Beauv. 1,6·10 ³	30		4	1		16		4	1	25	82	22	73
	1,6·10 ³ + 0,09	30	1	3	8	13		4		29	97	17	57
	1,6·10 ³ + 0,9	40	18	2	3	9		6	1	39	98	16	40

TABLEAU 2

Variante n° 2. Distribution de la mortalité (DDT $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; Beauv. spores/ cm^2)

Traitement	Nbre L ₄ par lot	Nombre de morts par type de mortalité en fonction du stade												Mortalité totale		Cas de mycose	
		L ₄			PN			N			IP			Nbre	p. 100	Nbre	p. 100
		Ins.	Bact.	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.				
Témoin	40													0	0		
DDT 0,09 0,9 9	40				5			1						6	15		
	40	9	6		1			3						19	48		
	40	13	8		3			1						25	68		
Beauv. $7 \cdot 10^2$ $7 \cdot 10^2 + 0,09$ $7 \cdot 10^2 + 0,9$	40		1	1			1			6			3	12	30	11	28
	40	2		1	2					7			2	14	35	10	25
	40	5		2		1		1		9			1	19	48	13	33
Beauv. $2 \cdot 10^3$ $2 \cdot 10^3 + 0,09$ $2 \cdot 10^3 + 0,9$	40		5	1	3	2	1		1	14			1	28	70	20	50
	40	2	1		1	4		2		16			2	28	70	23	58
	40	4	2			2	4			13			2	27	68	21	53
Beauv. $7 \cdot 10^3$ $7 \cdot 10^3 + 0,09$ $7 \cdot 10^3 + 0,9$	40			1	1	1	9	2		21			2	37	93	33	83
	40	1		3		3	11			14				32	80	31	78
	40	5	1	1	1	3	13			15				39	98	32	80
Beauv. $2 \cdot 10^4$ $2 \cdot 10^4 + 0,09$	40					3	21			14			2	40	100	40	100
	40	2			3		23			11			1	40	100	35	88

TABLEAU 3
Variante n° 3. Distribution de la mortalité (DDT $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; Beauv. spores/ cm^2)

Traitement	Nbre L ₄ par lot	Nombre de morts par type de mortalité en fonction du stade												Mortalité totale		Cas de mycose		
		L ₄				PN			N			IP			Nbre	p. 100	Nbre	p. 100
		Ins.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.				
Témoin	26														0	0		
DDT 0,6	25														0	0		
	25	2				2			2						6	24		
	25	5							1			1			7	28		
	25	9	2			2									13	52		
	24	14	2									1			17	71		
19,2	25	18	1											19	76			
B. b. 4,5·10 ³	25							1			4				5	20	5	20
	25	3			1			3		1	3			1	12	48	9	36
	25	2	4		1	1				1	3			2	14	56	7	28
	26	8	4					1			2			3	18	69	6	23
B. b. 9·10 ³	26				1			1			2				4	15	4	15
	25	1				1	1	2			7			1	13	52	11	44
	25	2	2		2			6	1		2				14	56	9	36
	24	6	3		1	1	1	1			2			2	17	71	7	29
B. b. 1,8·10 ⁴	25					1		6			6				13	52	12	48
	25	3		1				2		2	7				15	60	12	48
	25	2	3					3		2	6				16	64	11	44
	24	6	2		1		2	1			5				17	71	9	38
B. b. 3,5·10 ⁴	25						1	5	1	1	5			2	15	60	14	56
	25	4					2	7			6				19	76	15	60
	25						5	7			6				18	72	18	72
	25	5	3	1	1	1	1	3			5			1	21	84	12	48
B. b. 7·10 ⁴	25						2	9			4			2	17	68	17	68
	25	2				1		15			5				23	92	20	80
	25	2	1		1		1	12			5			1	23	92	20	80
	25	6	1	1	4		2	3			6			1	24	96	17	68

TABLEAU 4

Variante n° 4. Distribution de la mortalité (DDT mg/g ; Beauv. spores/g)

Traitement	Nbre L ₄ par lot	Nombre de morts par type de mortalité en fonction du stade												Mortalité totale		Cas de mycose	
		L ₄			PN			N			IP						
		Ins. + bact.	mixte	Myc.	Bact. + ins.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Bact.	mixte	Myc.	Nbre	p. 100	Nbre	p. 100
Témoin	25				1									1	4		
DDT 1	25				6									6	24		
1,3	25				2			2			4			8	32		
2,7	25	1			2			2			7			12	48		
8	25	2			2						10			14	56		
16	26	7			1			2			9			19	73		
<i>Beauv.</i> 3·10 ⁴	25		1		2									3	12	1	4
3·10 ⁴ + 1	25				1	1	1	1		2	1			7	28	4	16
<i>Beauv.</i> 10 ⁵	25				3			1			1			5	20	0	0
10 ⁵ + 1	25	2			1				1	2	2		1	9	36	4	16
<i>Beauv.</i> 3·10 ⁵	25				1	2			1	1			2	7	28	6	24
3·10 ⁵ + 1	25	3			1	3			1	3			1	12	48	8	32
<i>Beauv.</i> 10 ⁶	25				2	5				2				9	36	7	28
10 ⁶ + 1	25	1				7			2	4				14	56	13	52
<i>Beauv.</i> 3·10 ⁶	25		1		2		4			9			3	19	76	17	68
3·10 ⁶ + 1	25					1	7			9			4	21	84	21	84
<i>Beauv.</i> 10 ⁷	25				4	3	12			3			2	24	96	20	80
10 ⁷ + 1	25		1				18			5			1	25	100	24	96

période proche de 10 heures (début novembre, janvier et février) il y a encore 30 p. 100 de mortalité de type « bactérien » ; enfin lorsque les larves sont placées sur des plants cultivés sous photopériode naturelle dépassant 10 heures d'éclairement, les cas de septicémie sont rares.

TABLEAU 5

Distribution des types de mortalité (en p. 100) provoquées par traitement du feuillage

Types de mortalité	Lots « DDT »		Lots « <i>Beauveria</i> »		Lots « combinés »	
	L ₄	L ₄ + (PN) + N	L ₄	L ₄ + (PN) + N	L ₄	L ₄ + (PN) + N
Insecticide	91	77	0	0	60	21
Bactérien.....	9	23	0	4	27	11
Mixte	0	0	0	7	2	9
Muscardine	0	0	100	89	11	59
Total	100	100	100	100	100	100
Mortalité pour l'ensemble individus traités (%).....	24	35	1	43	24	74

La distinction entre certains types de mortalité est plus ou moins aisée suivant la technique de traitement. Le contact sur film toxique pendant 19 heures permet une reconnaissance facile entre les cadavres de type « insecticide » issus des individus les plus sensibles au DDT, et les types « bactériens » ou « mixtes », qui n'apparaissent que quelques jours après. Par contre, après contamination du substrat d'enfouissement, il est difficile de distinguer le type « insecticide » du type « bactérien », car ils aboutissent dans les deux cas à une septicémie.

Le tableau 5 donne un exemple de la distribution des 4 types de mortalité dans l'ensemble des lots « combinés », « *Beauveria* » ou « DDT » après contamination du feuillage (variante n° 3).

Dans les lots « DDT » seul, la mortalité en L₄, stade de l'intoxication, est essentiellement de type « insecticide » (91 p. 100), par contre, pour l'ensemble des stades L₄ et N ce taux diminue (77 p. 100) à la suite des septicémies à l'état prénymphal ou au stade nymphal. Dans les lots « *Beauveria* », la mortalité reste essentiellement de type « muscardine » (89 p. 100). Enfin, dans les traitements « combinés » l'action rapide du DDT provoque une forte mortalité de type insecticide en L₄ (60 p. 100) alors que la mortalité par mycose est différée (11 p. 100 en L₄ et 59 p. 100 en L₄ + (PN) + N). Après contamination associant *B. bassiana* et le DDT à dose réduite, les mortalités de type « bactérien » et « mixte » sont faibles, ce sont surtout les réponses de type « insecticide » ou de type « muscardine » qui apparaissent (tabl. 5).

De plus, le pourcentage de mortalité totale cumulée (L₄ + PN + N) est plus élevé à la suite du traitement mixte (74 p. 100) qu'après traitement cryptogamique (43 p. 100). Aussi, bien que la proportion de morts de type muscardine par rapport aux cadavres des divers types soit plus importante après contamination par *B. bassiana* (89 p. 100) qu'après contamination *Beauveria*-DDT (59 p. 100) le pourcentage

de cadavres atteints de mycose par rapport à l'ensemble des individus traités est plus faible sous l'action du seul germe ($43 \times 0,89 = 38$ p. 100) que sous celle de la combinaison ($74 \times 0,59 = 44$ p. 100) (tabl. 5).

B. — Mortalité cumulée par mycose

Dans les lots soumis au traitement mixte, les cas de maladie cryptogamique peuvent être considérés, soit en fonction de la totalité des individus du lot, soit par rapport aux individus ayant survécu à l'action toxémique à court terme du DDT. Les données relatives au premier aspect permettent d'estimer l'incidence des interventions sur la formation des foyers d'infection potentiels au sein d'une population déterminée. Le deuxième aspect en excluant les cadavres de type « insecticide », tend à dégager un éventuel effet déprimeur du pesticide sur l'hôte.

Les taux de mortalité par mycose, après pulvérisation de spores sur les jeunes L_4 suivie du contact sur film résiduel de DDT (tabl. 6, variante 1 A) sont inférieurs sous l'action combinée (champignon + $0,09 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT : 13, 20, 53, 57 p. 100 et champignon + $0,9 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT : 18, 18, 23, 40 p. 100) à ceux qui sont provoqués par *Beauveria* seul, aux doses correspondantes (13, 27, 43, 73 p. 100). Ceci est partiellement dû à la mortalité directement imputable à l'action toxémique du DDT, en particulier lorsque le champignon est associé à une dose d'insecticide provoquant à elle seule 56 p. 100 de mortalité. Mais, la proportion de cas de muscardine chez les survivants à l'action directe du DDT dans les lots « combinés » n'est pas significativement différente de celle des lots « *Beauveria* » seul (tabl. 6, variante 1 B). Donc, le DDT, à dose réduite, ne modifie pas la réceptivité de l'hôte vis-à-vis du germe dans la variante de traitement n° 1.

L'intoxication par contact des L_4 âgées sur film toxique de DDT, suivie de la contamination du substrat d'enfouissement des larves, variante n° 2, donne des résultats analogues (tabl. 6, variante 2 A et B).

Dans les deux dernières variantes, la mortalité cumulée par mycose est plus élevée sous l'action du traitement mixte que chez les individus soumis au seul champignon.

Par pulvérisation du substrat foliaire (tabl. 6, variante 3 A), les pourcentages de mycose provoquée par les suspensions mixtes sont supérieurs (36, 44, 48, 60, 80 p. 100 avec $1,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT (fig. 4 A) et 28, 36, 44, 72, 80 p. 100 avec $2,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT) ou sensiblement identiques (23, 29, 38, 48, 68 p. 100 avec $4,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT) à ceux qui sont obtenus avec la préparation biologique seule (20, 15, 48, 56, 68 p. 100). Mais, quelle que soit la dose de DDT associée au *Beauveria* la différence n'est pas significative (*Beauv.* seul $DL_{50} = 1,67 \cdot 10^4$ à $4,20 \cdot 10^4$ spores/ cm^2 , *Beauv.* + $1,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT $DL_{50} = 7,13 \cdot 10^3$ à $2,25 \cdot 10^4$ spores/ cm^2 , *Beauv.* + $2,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT $DL_{50} = 9,60 \cdot 10^3$ à $2,31 \cdot 10^4$ spores/ cm^2 et *Beauv.* + $4,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT $DL_{50} = 1,19 \cdot 10^4$ à $5,53 \cdot 10^4$ spores/ cm^2). Si l'on considère la proportion de cas de muscardine par rapport aux survivants à la toxicité directe du DDT (tabl. 6, variante 3 B), la mortalité par mycose dans les lots « combinés » n'est pas significativement différente de celle des lots « champignons » correspondants, sauf lorsque *B. bassiana* est associé à $1,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de DDT (spores + $1,2$ $DL_{50} = 4,80 \cdot 10^3$ à $1,66 \cdot 10^4$ spores/ cm^2 et *Beauveria* seul $DL_{50} = 1,67 \cdot 10^4$ à $4,20 \cdot 10^4$ spores/ cm^2 , fig. 4 B). Donc, par traitement du feuillage, l'association *Beauveria*-DDT à dose réduite, provoque un léger

TABLEAU 6

Efficacité des traitements « combinés » par rapport aux traitements *Beauveria* correspondants

A Mortalité cumulée par mycose en p. 100, par rapport à la totalité des individus traités.

B Mortalité par rapport aux individus survivants à l'action directe du DDT (individus traités-individus morts de type « insecticide »).

Modes de contamination		Cas de mycose (%) Doses de spores					Doses de DDT	Signification DL ₅₀ combiné/ DL ₅₀ <i>Beauveria</i> seul (5 % d'erreur)
Variante n° 1 <i>Beauveria</i> seul		2·10 ² 13	4·10 ² 27	8·10 ² 43	1,6·10 ³ /cm ² 73			
Combiné	A	13 18	20 18	53 23	57 40		+ 0,09 µg/cm ² + 0,9 µg/cm ²	— —
	B	15 22	22 33	57 43	59 73		+ 0,09 + 0,9	— —
Variante n° 2 <i>Beauveria</i> seul		7·10 ² 28	2·10 ³ 50	7·10 ³ 83	2·10 ⁴ /cm ² 100			
Combiné	A	25 33	58 53	78 80	88		+ 0,09 µg/cm ² + 0,9 µg/cm ²	— —
	B	26 37	60 58	80 92	92		+ 0,09 + 0,9	— —
Variante n° 3 <i>Beauveria</i> seul		4,5·10 ³ 20	9·10 ³ 15	1,8·10 ⁴ 48	3,5·10 ⁴ 56	7·10 ⁴ /cm ² 68		
Combiné	A	36 28 23	44 36 29	48 44 38	60 72 48	80 80 78	+ 1,2 µg/cm ² + 2,4 µg/cm ² + 4,8 µg/cm ²	— — —
	B	41 30 33	46 39 39	55 48 50	71 72 60	87 87 90	+ 1,2 + 2,4 + 4,8	+ — —
Variante n° 4 <i>Beauveria</i> seul		3·10 ⁴ 4	10 ⁵ 0	3·10 ⁵ 24	10 ⁶ 28	3·10 ⁶ 68	10 ⁶ /g 80	
Combiné	A	16	16	32	52	84	96	+ 1 mg/g +

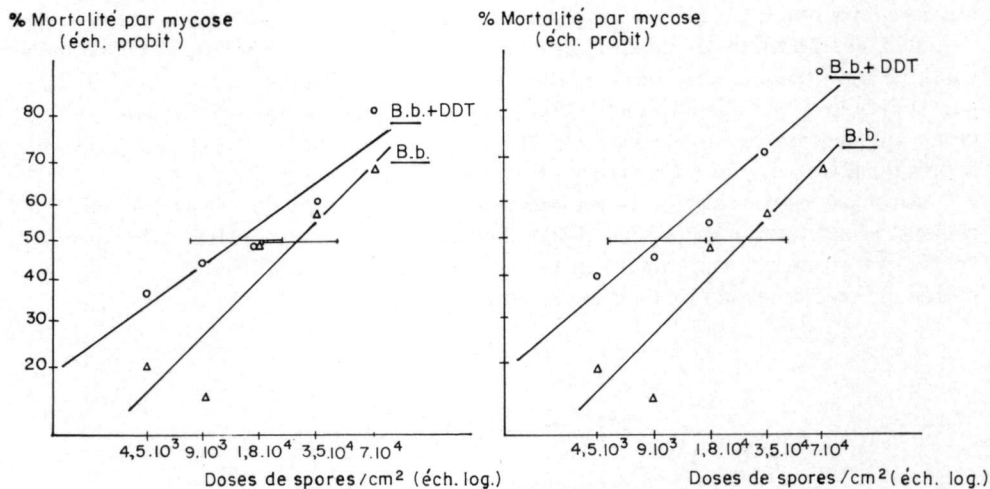


FIG. 4. — Effet du Beauveria seul (B. b.) et de la combinaison Beauveria + DDT à dose réduite $1,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (B. b. + DDT) sur la mortalité cumulée par mycose après traitement du feuillage

Fig. 4 a. Cas de mycose par rapport aux individus traités.

Fig. 4 b. Cas de mycose par rapport aux survivants à l'intoxication rapide par le DDT.

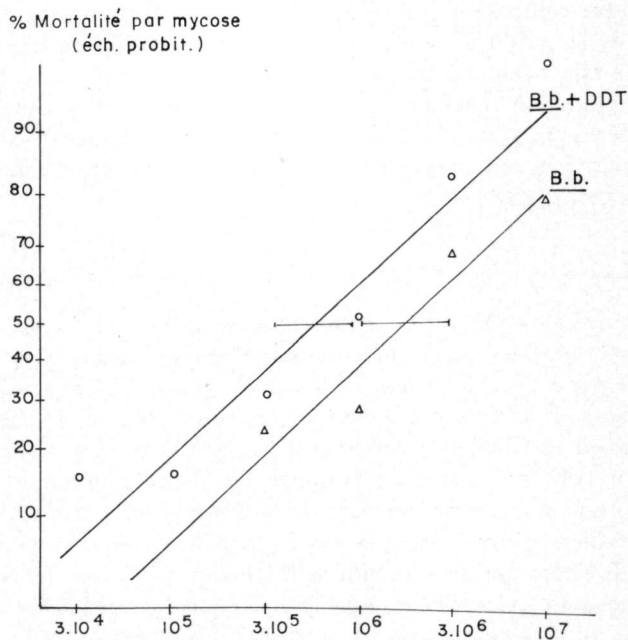


FIG. 5. — Effet du Beauveria seul (B. b.) et de la combinaison Beauveria + DDT à dose réduite $1 \text{ mg}/\text{g}$ (B. b. + DDT) sur la mortalité cumulée par mycose après traitement du substrat de nymphose

effet favorisant sur la maladie, mais la différence n'est pas significative par rapport aux résultats obtenus avec le seul champignon.

Par incorporation au substrat de nymphose (tabl. 6, variante 4), le traitement combiné induit une augmentation sensible de la mortalité par mycose (16, 16, 32, 52, 84 et 96 p. 100 au lieu de 4, 0, 24, 68 et 80 p. 100 dans les lots « *Beauveria* » seul) ; cette augmentation est significative (DL_{50} du « combiné » $3,55 \cdot 10^4$ à $9,33 \cdot 10^4$ spores/g contre DL_{50} du « *Beauveria* » $1,02 \cdot 10^4$ à $3,09 \cdot 10^4$ spores/g, fig. 5).

Ainsi par contamination et intoxication du feuillage ou du substrat d'enfouissement, la mortalité cumulée par mycose est généralement plus élevée à la suite du traitement mixte que par traitement biologique, cependant la différence n'est significative qu'avec le second mode d'intervention.

III. — DISCUSSION

A. — Action combinée et synergisme

Nous avons constaté que le DDT à doses réduites joue un rôle déprimeur ou prédisposant, sur l'insecte hôte, qui est faible. Cependant, par traitement mixte du feuillage ou du substrat de nymphose, cette légère intensification de la maladie a une incidence sur l'efficacité globale. Ainsi, l'association *Beauveria*-DDT à dose faible permet de réduire d'environ 4 fois les doses de produits utilisés par rapport à celles de l'un ou l'autre composant utilisé isolément (FARGUES, 1972 c). Mais le succès, sur le terrain, de la méthode associant le champignon et l'insecticide à dose réduite en Europe orientale, semble devoir être interprété beaucoup plus comme résultant de réponses spécifiques à chacun des produits suivant le stade larvaire du doryphore (L_1 , L_2 et L_3 intoxiquées par le DDT, L_4 contaminées par le germe cryptogamique), que provoqué par un synergisme *sensu stricto*, consécutif à l'action combinée des deux produits (FARGUES, 1972 c).

B. — Action combinée et prédisposition naturelle de la population-hôte

FERRON (1970 b, 1971) a mis en évidence chez *Melolontha melolontha* L. une accélération très sensible des phénomènes pathologiques et une nette augmentation de la mortalité par muscardine blanche à *Beauveria tenella* (DELACR.) SIEM. surtout lorsque les doses d'insecticides associées à l'inoculum fongique sont réduites. Ces résultats indiquent que l'effet déprimeur de l'action combinée sur la résistance de l'hôte, dans le cas du ver blanc, est plus important que celui obtenu avec le DDT sur le complexe hôte-parasite, larve de doryphore-*B. bassiana*. Cette différence dans le degré d'« activation » pourrait être liée aux facteurs intrinsèques du biotype entomopathogène ou de l'hôte, puisque le matériel biologique n'est pas le même, mais plusieurs remarques permettent d'envisager plus simplement ce phénomène :

1° FERRON (1970 b, 1971) contamine le substrat des vers blancs. Les résultats obtenus sont donc à comparer surtout avec ceux que donne le traitement du substrat de nymphose dans le cas du doryphore. En outre, le contact des larves de *Melolontha melolontha* avec les deux produits, germe et pesticide, dure environ 5 mois.

2° La sensibilité des vers blancs aux divers organochlorés et organophosphorés utilisés est grande, il est permis de supposer que les perturbations physiologiques provoquées par les doses réduites sont importantes, ce qui n'est pas le cas chez les larves du 4^e stade de doryphore, car elles sont très peu sensibles au DDT (FARGUES, 1972 c).

3° Après contamination du substrat de nymphose, la mue nymphale se produit dans les 8 à 10 jours qui suivent le traitement chez le doryphore. Par contre, l'expérimentation sur le hanneton commun porte sur le 3^e stade larvaire pendant des mois, sans que l'exuviation n'intervienne. Le rejet des téguments contaminés est susceptible de masquer totalement d'éventuelles perturbations des mécanismes de résistance physiologique chez le doryphore. Ceci permet de dégager une hypothèse pour l'emploi des Deutéromycètes entomopathogènes contre les insectes à développement rapide (intermues courtes), type *Leptinotarsa decemlineata* (FARGUES, 1972 a). La mue étant le principal obstacle à l'infection cryptogamique, il semble intéressant d'associer au champignon des substances perturbant le développement larvaire de façon à retarder le rejet des téguments en cours d'infection.

4° La muscardine blanche à l'état latent apparaît dans les populations de vers blancs, alors qu'il n'a pas été observé de cas de mycose à *B. bassiana* pendant les trois années d'élevage du doryphore au cours de l'expérimentation. On peut penser que l'action combinée sur les larves du Hanneton est plus importante que sur les larves du doryphore, du fait que les vers blancs sont déjà porteurs de la maladie, alors que la population de doryphore est exempte de mycose.

Il se dégage des résultats obtenus sur les larves de doryphore et de leur confrontation avec ceux qui concernent les vers blancs, que dans toute intervention mixte, il doit être particulièrement tenu compte du type de développement du ravageur (intermues courtes ou longues), du choix de l'agent prédisposant, de l'état sanitaire de la population hôte (absence ou présence de la maladie à l'état latent) et de la modalité du traitement.

Reçu pour publication en décembre 1972.

SUMMARY

SUSCEPTIBILITY OF *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY

(COL. *CHRYSEMELIDAE*) TOWARDS *BEAUVERIA BASSIANA* (BAL.S.) VUILL.

(*FUNGI IMPERFECTI*, *MONILIALES*) IN PRESENCE OF REDUCED DOSES OF INSECTICIDE

The effect of a mixture of conidiospores and reduced doses of DDT has been studied upon last instar larvae of the Colorado beetle, according to the type of mortality. Four methods of treatment have been used.

The combined action results in mortalities mostly of both type « insecticide » and « muscardin » DDT is quick-acting, but the mortality by mycosis is postponed.

The depressor role of low dose of DDT upon the host insect is significant for the cryptogamic infection only when the pupation substratum is infected.

The fact that DDT is a poor predisposing agent for the mycosis of the Colorado beetle larvae is established. The various aspects of this result are discussed by referring to : the biological characteristics of the host (quick development, moulting, larval resistance to DDT), the health state of the host population and the handling practice.

The author is considering the association of *Beauveria* to a stuff delaying the development of insects having a fast cycle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BURGERJON A., 1956. Pulvérisation et poudrage au laboratoire par des préparations pathogènes insecticides. *Ann. I. N. R. A.*, série *Épiphyties*, **2**, 677-686.
- DUSAUSSOY G., 1964. L'élevage permanent de *Mamestra* (*Barathra*) *brassicae* L. comme insecte test de préparations pathogènes ou insecticides. *Ann. I. N. R. A.*, série *Épiphyties*, **15**, 171-192.
- FARGUES J., 1969. Technique of observing secondary fluorescence in the sporogenesis of some entomopathogenic *Fungi imperfecti*. *J. Invertebrate Pathol.*, **14**, 415-416.
- FARGUES J., 1972 a. Sensibilité à *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. (*Fungi imperfecti*, Moniliales) des larves de Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* SAY (Coléoptère, *Chrysomelidae*) soumises à des doses réduites d'insecticide chimique. Thèse Doctorat 3^e cycle, Université de Paris VI, France.
- FARGUES J., 1972 b. Étude des conditions d'infection des larves de doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* SAY, par *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. (*Fungi imperfecti*). *Entomophaga*, **17**, 319-337.
- FARGUES J., 1972 c. Traitement mixte des larves de doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* SAY, par des spores du champignon entomopathogène, *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. et des doses réduites d'insecticide. *Phytiatrie-Phytopharmacie* **21**, 183-193.
- FERRON P., 1967. Étude au laboratoire des conditions écologiques favorisant la mycose à *Beauveria tenella* du Ver blanc. *Entomophaga*, **12**, 257-293.
- FERRON P., 1970 a. Orientation des recherches effectuées en U. R. S. S. sur les champignons entomopathogènes. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, H. S., **3**, 117-134.
- FERRON P., 1970 b. Augmentation de la sensibilité des larves de *Melolontha melolontha* L. (Coléoptère *Scarabaeidae*) à *Beauveria tenella* (DELACR.) SIEMASZKO au moyen de quantités réduites de HCH. *Proc. IVth Coll. Insect Pathology*, College Park, 1970, 66-79.
- FERRON P., 1971. Modifications of the development of the *Beauveria tenella* (DELACR.) SIEMASZKO mycosis in *Melolontha melolontha* L. larvae in presence of reduced doses of organic phosphorus insecticides. *Ent. exp. et appl.*, **14**, 457-466.
- GRISON P., 1959. Influence de la température sur l'activité du Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) au stade imaginal. *Proc. VIIIth Int. Congr. Ent.*, Stockholm, 1948, 226-234.
- GRISON P., 1952. Relation entre l'état physiologique de la plante hôte, *Solanum tuberosum* et la fécondité du Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* SAY. *C. R. IX^e Congr. Int. Ent.*, Amsterdam, **1**, 331-337.
- GRISON P., 1957. Les facteurs alimentaires de la fécondité chez le Doryphore *Leptinotarsa decemlineata* SAY (Col. *Chrysomelidae*). *Ann. I. N. R. A.*, Série *Épiphyties*, **8**, 305-381.
- GRISON P., 1964. Réflexions sur l'épizootologie. *Entomophaga*, H. S., **2**, 483-506.
- HURPIN B., 1966. Influence des facteurs du milieu. *Proc. Int. Coll.*, Wageningen, 1966, 135-161.
- PRIMAK T. A., 1959. Modifications pathologiques dans l'hémolymphe des insectes lors d'affections diverses et de la contamination par les parasites. *Nauk. Trud. Ukrain. Inst. Zashch. Rast.*, **8**, 241-247.
- PRISTAVKO V. P., 1964. Action conjuguée du champignon *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. et du DDT à faibles doses sur les larves du doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* SAY). *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, **155**, 1445-1477.
- PRISTAVKO V. P., 1966. Processus pathologiques consécutifs à l'action de *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. associé à de faibles doses de DDT, chez *Leptinotarsa decemlineata* SAY. *Entomophaga*, **11**, 311-324.
- SIROTINA M. J., 1961. Contrôle hématologique lors de la mise au point de la lutte microbiologique contre le Doryphore. *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, **140**, 3, 720-723.
- STEINHAUS E. A., 1958. Crowding as a possible stress factor in insect disease. *Ecology*, **39**, 503-514.
- STRINGER A., 1949. A simple method for assaying contact toxicities of insecticides, with result of tests of some organic compounds against *Calandra granaria* L. *Ann. appl. Biol.*, **36**, 213-224.
- TELENGA N. A., 1956. Intensification de la muscardine chez le charançon de la betterave à l'aide de l'hexachlorane. *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, **109**, 665-666.
- TELENGA N. A., 1967. Perspectives d'utilisation de la Beauverine dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture. *Zashch. Rast.*, Kiev, **6**, 52-61.
- VAGO C., 1956. L'enchaînement des maladies chez les insectes. *Éd. Spéc. Comm. Séricicole Intern.*, 184 pp.
- VAGO C., 1963. Predispositions and interrelations in insect diseases. In: *Insect Pathology, An advanced treatise.*, vol. 2, Steinhau Ed., Academic Press, New York and London, 339-379.
- WILDE (DE) J., 1953. Previsional analysis of the imaginal diapause in an insect. *Acta Physiol. Pharm. Neerl.*, **3**, 141-143.
- WILDE (DE) J., 1954. Aspects de la diapause chez les insectes adultes en particulier chez le Doryphore *Leptinotarsa decemlineata* SAY. *Arch. Neerl. Zool.*, **10**, 375-385.
- WILDE (DE) J., 1956. Perception de la photopériode par le Doryphore. *Acta Physiol. Pharm. Neerl.*, **5**, 258-159.

LA MOSAÏQUE DU FRAMBOISIER EN FRANCE : TRANSMISSION EXPÉRIMENTALE PAR PUCERONS ET DISSÉMINATION NATURELLE

Y. BOUCHERY et C. PUTZ

avec la collaboration technique de F. JACKY

Station de Zoologie, et de Pathologie végétale,

Centre de Recherches, I. N. R. A.

B. P. 384, 68021 Colmar

RÉSUMÉ

Les résultats des expériences de transmission de la mosaïque du Framboisier par pucerons montrent qu'*Amphorophora rubi* (KALT.) possède un très faible pouvoir vecteur, qu'*Aphis idaei* V.D.G. et *Myzus persicae* (SULZ.) ne sont pas vecteurs dans les conditions expérimentales utilisées. Les observations, tant en parcelles expérimentales que dans des parcelles en culture, amènent à conclure que la dissémination de la maladie est effectuée par l'homme, lors de la multiplication végétative de framboisiers déjà mosaïqués. La sélection sanitaire entreprise conjointement par l'I. N. R. A. et le Centre technique interprofessionnel des Fruits et Légumes (C. T. I. F. L.) devrait entraîner une amélioration considérable de l'état sanitaire des framboisiers vis-à-vis de la mosaïque.

Nous avons entrepris d'étudier l'épidémiologie de la mosaïque du Framboisier en France. Cette maladie présente une importance économique certaine, car elle est répandue sur les vieilles variétés françaises, particulièrement sur la variété *Bois blanc*, ainsi que sur des variétés plus modernes telle que *Schoenemann*. L'agent de la maladie n'a pas encore pu être isolé ; le seul indice est fourni par PUTZ et MEIGNOZ (1972) qui ont observé des particules bacilliformes en microscopie électronique dans des coupes de feuilles de framboisiers mosaïqués.

De nombreux travaux américains font état d'une maladie présentant les mêmes symptômes, transmise par le puceron *Amphorophora agathonica* (HOTTES), qui serait due à un complexe de deux agents pathogènes distincts, dont l'un est détruit à température élevée (thermolabile) tandis que l'autre est thermostable (STACE-SMITH, 1960).

En Europe une maladie également appelée mosaïque présente des différences avec la maladie américaine. Le puceron *Amphorophora agathonica* est absent, par contre les travaux de CADMAN (1947) au Royaume-Uni montrent que la transmission se fait par une espèce voisine, *Amphorophora rubi* (KALT.).

En France, la thermothérapie a toujours permis de régénérer les variétés mosaïquées, ce qui prouve qu'il n'y a pas de composant thermostable. Les travaux américains n'étant pas transposables à la situation française, il est intéressant d'étudier le rôle joué par *Amphorophora rubi* en précisant son pouvoir vecteur dans des conditions de laboratoire et en observant la dissémination de la maladie dans les conditions naturelles.

I. — TRANSMISSION EXPÉRIMENTALE

Des pucerons élevés au laboratoire sur des plantes saines sont mis au contact de plantes malades sources de la maladie, puis transférés sur des plantes saines indicatrices qui extériorisent les symptômes de la maladie.

A. — Matériel

1. La source de la maladie est fournie par des framboisiers de la variété *Bois blanc* fortement mosaïqués, présentant un nanisme et une mosaïque foliaire très typique. Ces plantes greffées sur le framboisier noir *Rubus occidentalis* L. (fig. 1) provoquant une nécrose apicale (CADMAN, 1951).



FIG. 1. — Nécrose apicale d'un jeune plant de *Rubus occidentalis*

2. Comme plantes indicatrices nous avons utilisé :

- des boutures provenant d'un même pied de *Rubus occidentalis*,
- des jeunes plants obtenus par semis de grains récoltés sur *Rubus occidentalis*.

Les deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients : dans le premier cas on a une homogénéité génétique parfaite du matériel et une certitude de l'hypersensibilité de l'indicateur à la maladie. Par contre on n'est pas sûr de l'histoire pathologique des sujets, car il peut y avoir, malgré les précautions prises, des contaminations hors expérience. Dans le second cas, l'état sanitaire est beaucoup plus sûr, car il ne semble pas y avoir transmission par la graine, mais les *Rubus* pouvant s'hybrider entre eux et étant à fécondation entomophile, les plantes issues de semis présentent une hétérogénéité extrême.

3. Les agents vecteurs utilisés.

L'espèce *Amphorophora rubi* (KALT.) est maintenue en élevage permanent au laboratoire à une température de 16 à 18°C qui est la plus favorable au développement de ce puceron. Les plantes-hôtes utilisées sont des framboisiers issus de semis, ou des variétés guéries par thérapie. Les pucerons élevés au laboratoire sont originaires de la région de Colmar (Haut-Rhin), de Machilly (Haute-Savoie) et de Fougerolles (Haute-Saône), importantes zones de production de framboisiers. Les espèces *Myzus persicae* (SULZ.) et *Aphis idaei* V.D.G. élevées respectivement sur radis et framboisiers ont aussi été utilisées.

B. — Méthode

1. Les pucerons ont pris leur repas d'acquisition sur des framboisiers mosaïqués de la variété *Bois blanc*. Le contact entre les pucerons et la plante a duré toujours plus de 48 heures.

2. La mise en contact de l'insecte et de la plante indicatrice, nécessaire au repas contaminant, a été réalisée de trois manières différentes grâce à :

- de petites cagettes appliquées sur les feuilles,
- des cages contenant la plante entière,
- de grandes enceintes où les pucerons pouvaient passer librement de la plante virosée à la plante indicatrice.

Le repas contaminant le plus court a été de 24 heures. Dans la plupart des cas l'élimination des vecteurs n'a eu lieu qu'après plusieurs semaines. Ceci a pour but d'éviter l'effet d'une éventuelle période de latence de l'agent pathogène dans l'insecte.

3. Les formes de pucerons utilisés, pour un total de plus de 865 individus, ont été les suivantes :

	%
Virginipares aptères et larves du dernier stade.....	68
Virginipares ailés	30
Sexués ailés	2

4. Comme témoins nous avons utilisé dans nos expériences des plantes exemptes de pucerons provenant de framboisiers ne présentant pas de symptômes de la mosaïque. Enfin des plantes indicatrices ont été greffées avec des rameaux de framboisiers *Bois blanc* malades. Toute l'expérimentation s'est déroulée à des températures comprises entre 16 et 20°C.

C. — Résultats

Les témoins greffés ont présenté des symptômes caractéristiques de la mosaïque. Les témoins sans puceron et ceux qui ont porté des pucerons élevés sur plantes saines n'ont jamais présenté de symptômes.

Sur les 98 plants ayant porté des pucerons venant de framboisiers malades, seul un *Rubus occidentalis*, a présenté des symptômes de nécrose apicale suivie de la nécrose des axillaires. Cette unique transmission a été l'œuvre de sexués ailés provenant d'un élevage permanent d'*Amphorophora rubi* sur framboisier mosaïqué.

La transmission s'est faite dans une grande enceinte où les pucerons se sont développés librement pendant trois semaines.

Il convient donc de noter que dans nos conditions expérimentales nous n'avons pas pu mettre en évidence de pouvoir vecteur chez les virginipares aptères et les larves, de même que chez les virginipares ailés. Par contre, les sexués peuvent jouer un rôle dans la dissémination de la maladie. Pour préciser ce dernier point il faudra produire les différentes formes de pucerons à volonté. Une étude des facteurs entraînant l'apparition des diverses formes est en cours.

Des essais analogues conduits pour mettre en évidence le rôle vecteur de *Myzus persicae* et d'*Aphis idaei* n'ont pas donné de résultat positif, en utilisant respectivement un total de 64 et de 200 virginipares aptères.

II. — DISSÉMINATION DE LA MALADIE DANS LES CONDITIONS NATURELLES

A. — Observations de parcelles en cultures

Dans les très nombreuses parcelles visitées dans presque toutes les régions de France, les plants malades ne sont pas groupés en taches ni répartis au hasard, comme c'est le cas de la plupart des maladies, mais très fréquemment en lignes ou en portions de lignes très homogènes, ce qui indique que les jeunes plants ont été prélevés dans des pépinières ou dans des parcelles contaminées et étaient donc déjà malades au moment de la plantation. Le pourcentage de plants malades ne semble donc pas lié à des conditions sanitaires locales, mais à la provenance des plants.

B. — Observations dans des parcelles expérimentales dans la région de Colmar

Dans les deux cas les parcelles ont été choisies isolées par la distance et par des obstacles, rideaux d'arbres et cultures de maïs, pour éviter une éventuelle dissémination de la maladie vers les cultures.

1. Plantation de l'Allmend.

Quatre lignes de framboisiers ont été plantées côte à côte durant l'hiver 1968-69. Deux de ces lignes sont constituées de framboisiers de la variété *Bois blanc* fortement mosaïqués (fig. 2). Les deux autres lignes ont été plantées avec des framboisiers sains ⁽¹⁾ de la variété *Heytor*. Cette variété est très touchée par la mosaïque en culture. C'est donc une variété sensible et qui extériorise bien la maladie. Fin 1972 aucun pied sain à l'origine ne présentait de symptôme de mosaïque.

2. Plantation de la Route de Rouffach.

Au printemps 1971 une parcelle destinée à étudier la dissémination de la maladie a été mise en place. Elle comporte une rangée de *Bois blanc* mosaïquée entourée de variétés saines. La parcelle est conduite au piquet (fig. 3). Comme dans la parcelle

⁽¹⁾ Les plants ont été guéris par thermothérapie à la Station de Pathologie végétale de Colmar par C. PUTZ.



FIG. 2. — *Au premier plan framboisiers nanifiés atteints de mosaïque (Variété Bois blanc)*
Au second plan framboisiers (variété Heytor) sains



FIG. 3. — *Framboisiers sains de part et d'autre d'une ligne de framboisiers mosaïqués (variété Bois blanc). Remarquer le nanisme de ces derniers*

précédente il n'y a jamais eu de traitement aphicide, sauf au printemps 1971 pour protéger les jeunes plants du puceron *Aphis idaei*. Fin 1972 aucun pied sain à l'origine ne présentait de signe de mosaïque.

Il apparaît donc qu'au champ la maladie ne semble pas se disséminer d'une façon rapide, contrairement à ce qui se passe en Amérique chez certaines variétés, où il est fait état de recontamination non négligeable dès la première année (CONVERSE, 1964) ; (FREEMAN et STACE-SMITH, 1970).

Nos observations sur le terrain sont compatibles avec les faibles taux de transmission que nous avons obtenus expérimentalement au laboratoire.

DISCUSSION

Il semble y avoir contradiction entre ce qui est observé, à savoir un faible pouvoir vecteur des pucerons, et la situation existant dans certaines régions où des plantations entières sont virosées.

Cette contradiction n'est qu'apparente, car la dissémination de la maladie peut très bien s'expliquer par les méthodes culturales. En effet, la multiplication de plants se faisait, et se fait encore souvent en prélevant des cannes dans les parcelles en production. *en dehors de la période de végétation*, donc à un moment où *les symptômes de mosaïque ne sont pas apparents*. Ce mode de propagation de maladies par l'homme est fréquent chez les plantes à multiplication végétative. Nous ne saurions trop insister sur la nécessité d'utiliser, pour la multiplication des framboisiers, des plants têtes de famille indemnes de mosaïque.

CONCLUSION

Il ressort de nos observations que si le puceron *Amphorophora rubi* (KALT.) est vecteur comme l'ont montré des travaux antérieurs ainsi que l'unique transmission obtenue ici, ce vecteur est peu efficace, comme le confirment le faible taux de transmission au laboratoire, et l'observation des parcelles expérimentales. Le principal propagateur de la maladie est l'homme, lors de la multiplication végétative de plants virosés. *Amphorophora rubi* joue un rôle secondaire, mais non totalement négligeable. Pour poursuivre l'étude des modalités de transmission, une étude des facteurs d'apparition des différentes formes du puceron est entreprise. Ceci en vue de l'étude de la recontamination naturelle des plants sains, question importante pour la réussite de la sélection sanitaire où des recontaminations même faibles sont gênantes.

Cette sélection est entreprise actuellement par le Centre technique interprofessionnel des Fruits et Légumes (C. T. I. F. L.) (SAVIO, 1971) en collaboration avec la Station de Pathologie végétale de Colmar (PUTZ, 1969). Elle doit assurer une bonne défense contre la maladie, car la diffusion de plants sains doit suffire à améliorer l'état sanitaire.

Pour cette raison l'importation de matériel végétal en provenance d'Amérique du Nord doit se faire avec circonspection, car il est possible d'introduire à cette occasion soit d'autres agents pathogènes, soit le puceron américain *Amphorophora agathonica* (HOTTES) (BOUCHERY et PUTZ, 1972), vecteur beaucoup plus efficace que l'espèce européenne *Amphorophora rubi*.

Reçu pour publication en décembre 1972.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement M. P.-Ch. ROBERT pour les nombreux conseils et les suggestions variées qu'il a bien voulu leur prodiguer pendant ce travail.

SUMMARY

THE RASPBERRY MOSAIC DISEASE IN FRANCE : EXPERIMENTAL TRANSMISSION BY APHIDS AND NATURAL SPREADING

Experiments show that aphids : *Aphis idaei* v.d.G. and *Myzus persicae* (SULZ.) are not vectors of the Raspberry mosaic disease, and that *Amphorophora rubi* (KALT.) transmits the disease, but at a low rate. Fields observations permit to conclude that this disease is mainly spread by man by propagation of diseased raspberries. Production of healthy raspberries by I. N. R. A. and Centre Technique interprofessionnel des Fruits et Légumes (C. T. I. F. L.) will improve sanitary condition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUCHERY Y., PUTZ C., 1972. La mosaïque du Framboisier : propriétés particulières de la virose en France. *Ann. Phytopathol.*, (sous presse).
- CADMAN C. H., HILL A. R., 1947. Aphids vectors of european raspberry viruses. *Nature*, **160**, 837-838.
- CADMAN C. H., 1951. Studies in *Rubus* virus diseases. I. A latent virus of Norfolk Giant raspberry. *Ann. appl. Biol.*, **38**, 4, 801-811.
- CADMAN C. H., 1956. Modes of transmission and field spread of raspberry virus. *Trans. Brit. mycol. soc.*, 382-383.
- CONVERSE R. H., 1964. Raspberry mosaic and rate of infection under field conditions. *Plant Dis. Rept.*, **48**, 11, 839-842.
- FREEMAN J. A., STACE-SMITH R., 1970. Effect of raspberry mosaic viruses on yield and growth of red raspberries. *Can. J. Plant Sci.*, **50**, 521-527.
- PUTZ C., 1969. Les viroses des petits fruits. I. Les viroses du Framboisier. *Ann. Phytopathol.* **1**, 2, 275-291.
- PUTZ C., MEIGNOZ R., 1972. Mise en évidence de particules bacilliformes analogues à celles du groupe des Rhabdovirales dans les feuilles de framboisiers variété Bois blanc, atteintes de mosaïque. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **275**, sér. D, 63-65.
- SAVIO A., 1971. Les maladies à virus du framboisier. Techniques de production de plants sains C. T. I. F. L. Documents n° 30, 2^e trimestre.
- STACE-SMITH, 1956. Studies on *Rubus* virus diseases in British Columbia. II. Black raspberry necrosis. *Canad. Bot.* **33**, 314-322.
- STACE-SMITH, 1960. Current status of Bramble viruses. *Canad. plant. Dis. Sur.*, **40**, 34-42.

ÉTUDE DE L'ACQUISITION DE L'ÉTAT DE DORMANCE
CHEZ UNE COCCINELLE APHIDIPHAGE
ET MIGRANTE, *ADONIA 11 NOTATA* SCHN.
(COL. COCCINELLIDAE)
A L'AIDE D'UNE TECHNIQUE DE MARQUAGE
(AVEC L'IRIDIUM 191 STABLE)

G. IPERTI et F. ROLLEY

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches I. N. R. A.,
06602 Antibes

Université de Provence, 3^e cycle de Biologie appliquée,
Marseille

RÉSUMÉ

Une technique de marquage à l'aide d'iridium 191 stable, administré par ingestion, est utilisée pour chercher à caractériser le moment où l'état de dormance s'installe chez les coccinelles. Pour cela, 25 mâles et 50 femelles de *A. 11 notata* ont été capturés dans un quartier d'estivo-hibernation (Saint-Amand, alt. 732 m), traités puis relâchés dans les champs 3 jours plus tard à environ 1,5 km de Saint-Amand à une altitude de 395 m. Six jours après une femelle marquée a été retrouvée au sommet de Saint-Amand.

Les nouvelles possibilités offertes aux biologistes par le développement des techniques de marquage ont été exploitées dès 1970 (G. IPERTI et L.-A. BUSCARLET, 1972) pour analyser les phénomènes migratoires d'une Coccinelle : *Adonia 11 notata* SCHN.

Cette espèce aphidiphage, à tendance monovoltine se rassemble chaque année à la même époque sur des sites attractifs dont certains font l'objet d'un contrôle régulier depuis plus de 10 ans.

En 1970, le quartier d'estivo-hibernation de Saint-Amand, dans le Vaucluse, a été retenu pour réaliser une expérimentation sur le terrain, destinée à déterminer

son degré d'attractivité à l'égard des plaines cultivées avoisinantes. La technique de marquage utilisait alors une pulvérisation de la solution d'iridium 191 directement appliquée sur les insectes. Or, après la migration, le comportement grégaire des prédateurs et leur aptitude thigmotactique prononcée, entraînaient une forte diffusion de l'élément marqué au sein du rassemblement sans qu'il s'avère possible de déterminer le nombre d'insectes initialement traités.

L'opération réalisée en 1971, au même endroit, utilise une technique de marquage améliorée (par ingestion de l'iridium 191) et cherche à caractériser le moment où l'état de dormance s'installe chez les coccinelles : avant, au cours ou après la migration.

I. — EXPÉRIMENTATIONS

On peut subdiviser l'expérimentation menée en cinq phases :

1° Capture d'un échantillon (25 mâles et 50 femelles) de coccinelles sur le site attractif de Saint-Amand, immédiatement après l'arrivée du vol migratoire, le 20 juillet 1971.

2° Marquage au laboratoire avec l'iridium 191 stable.

Pendant trois jours (les 21, 22, 23 juillet), les coccinelles récoltées sont placées au laboratoire dans des conditions climatiques analogues à celles qui règnent au sein des cultures visitées par la population d'*A. II notata* avant son envol migratoire. Aucune nourriture aphidienne ou artificielle ne leur est offerte, mais elles ont à leur disposition de l'eau qui contient l'élément marqué.

La solution ingérée par les insectes permet une accumulation de l'isotope stable dans leur corps. De cette manière, on évite toute dissémination de l'iridium 191, par contact, lors des rassemblements post-migratoires. De plus, on peut espérer ainsi obtenir une analyse quantitative des résultats.

3° Lâcher dans les zones de culture situées à proximité du sommet de Saint-Amand. C'est ainsi que le 24 juillet, les Coccinelles traitées sont lâchées vers 11 heures, à 395 mètres d'altitude, en un lieu situé environ à 1 500 m de distance du sommet de Saint-Amand (altitude 732 mètres), par une journée chaude, ensoleillée et sans vent.

Le tableau ci-après résume les différentes mesures de températures enregistrées à cette occasion :

Heures le 24-7-71	Températures sous abri	Températures					
		Au-dessus d'un sol enherbé			Au-dessus d'un sol nu		
		Sur l'herbe	à 1,40 m	Écart	Sur le sol	à 1,40 m	Écart
	t	t_1	t_2	$t_1 - t_2$	t_3	t_4	$t_3 - t_4$
11 heures	24,5	27	24	3	26,5	24	2,5
12 heures	26	27,9	24,4	3,5	27,8	25	2,8
13 heures	26,7	29	26,5	2,5	28,8	25,4	3,4
14 heures	26,5	29	26,5	2,5	29	26	3
15 heures	27,5	28,7	27	1,7	29	26,3	2,7

Les résultats thermiques obtenus indiquent clairement qu'il existait au moment de l'expérience (11 heures) et encore quatre heures après (jusqu'à 15 heures), une forte turbulence, favorable à l'envol des coccinelles, à la fois sur le tapis végétal et sur le sol nu.

4° Le 30 juillet 1971, soit 6 jours après le lâcher, on récolte sur le site attractif un nouveau lot de 25 mâles et de 25 femelles d'*A. II notata*.

5° Ramenés au C. E. N. de Cadarache, on analyse les adultes individuellement.

II. — RÉSULTATS

Après réactivation, l'examen du lot des femelles montre des raies caractéristiques d'iridium 192 (voir fig. 1). Une analyse plus poussée montre que l'une d'entre elles provient certainement du lot lâché le 24 juillet 1971. Elle a donc effectué deux migrations à moins de 10 jours d'intervalle.

Par contre, aucun individu du lot des mâles ne présente de trace d'iridium.

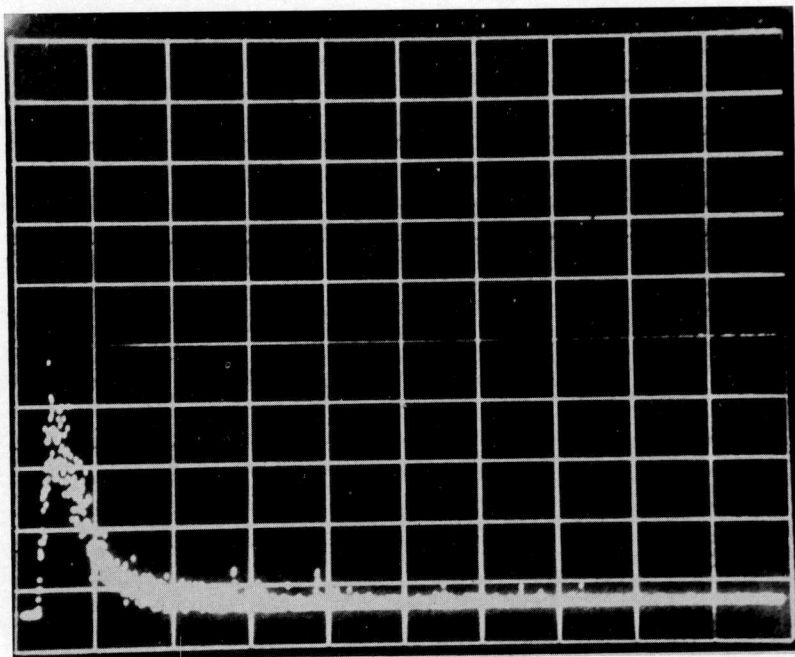


FIG. 1. — Spectrographie d'une femelle capturée à Saint-Amand le 30-7-1971 présentant les stries caractéristiques de l'iridium 192

Spectrography of a female caught at Saint-Amand on the 30-7-1971 showing the characteristic striae of Iridium 192

III. — DISCUSSION ET CONCLUSION.

Tous les adultes récoltés lors de la première capture furent effectivement mis en présence d'une solution marquée. Pourtant il s'avère impossible de savoir si chaque coccinelle en a réellement ingéré. En effet, après avoir effectué leur vol migratoire,

ces insectes se rassemblent généralement en groupes serrés et restent presque immobiles sans s'alimenter. Dans certaines conditions de milieu, on peut obtenir en laboratoire une réactivation des insectes au bout d'un temps supérieur à 7 jours, mais variable selon l'époque à laquelle on intervient.

Or, les expériences menées jusqu'à ce jour montrent l'existence d'une période où la rupture de l'état de repos s'avère particulièrement difficile à obtenir, justement celle qui suit immédiatement la migration. Ainsi se justifie pleinement le choix de la date à laquelle l'expérimentation fut entreprise, pour tenter de préciser les processus physiologiques qui interviennent à un moment aussi critique de la vie des adultes, alors que l'environnement présente des caractéristiques climatiques, botaniques et trophiques favorables à leur envol.

Un fait demeure : la capture sur le site attractif d'une femelle d'*A. 11 notata* qui a effectué un deuxième vol migratoire. Cela permet de tirer d'utiles enseignements :

Une coccinelle capturée sur un quartier d'estivo-hibernation dispose encore de l'énergie indispensable à l'accomplissement d'un autre vol, sous une forme aisément assimilable (glycogène). Replacé en plaine, dans un milieu favorable à son envol, un adulte qui a déjà effectué une migration, reste encore réceptif aux stimulus contraignants de l'environnement. Donc, la première migration, n'a pas perturbé de façon durable les mécanismes sensoriels et moteurs qui sous-tendent l'exécution du vol migratoire d'*A. 11 notata*.

En conclusion, au début de l'estivo-hibernation, l'état de dormance ne semble pas inscrit dans la biologie des adultes migrants d'*A. 11 notata*. Comment se développe-t-il? S'inscrit-il ultérieurement après l'arrivée des coccinelles sur les lieux de rassemblement? Les futures expérimentations permettront sans doute d'élucider cette épineuse question.

Reçu pour publication en janvier 1973.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement M. BUSCARLET (C. E. N. Cadarache) qui nous a aidé à réaliser les analyses par la technique d'activation, sans oublier MM. LASCEBE et BOSSY.

SUMMARY

STUDY OF THE BEGINNING OF DORMANCY IN *ADONIA 11 NOTATA* SCHN.
(COLEOPTERA : COCCINELLIDAE), APHIDOPHAGOUS AND MIGRATORY
SPECIES USING A RADIOELEMENT (IRIDIUM I91 AND I92)

The present paper gives a new light on physiological dormancy of *Adonia 11 notata* SCHN. immediately after the migratory flight.

In this way, some ladybirds are taken during this period (on the 20th July 1971) from an estivo-hibernation quarter (Saint-Amand, alt. : 732 m, Vaucluse).

These adults are marked with « Iridium 191 » and released on the 24th July 1971, in the fields (alt. 395).

Six days, later one marked female is recovered on the top of Saint-Amand.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- IPERTI G., BUSCARLET L.-A., 1972. Contribution à l'étude d'une migration d'*Adonia II notata* SCHN. (Coleoptera, Coccinellidae) par marquage avec l'iridium 191 stable. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **4**, 249-254.
-

ANNALES DE ZOOLOGIE-ECOLOGIE ANIMALE

VOL. 5 N°. 2 19 73

Nom de l'emprunteur

Emprunté le

remis le

EFFET DE L'HEPTACHLORE SUR LA REPRODUCTION DE LA CAILLE *COTURNIX COTURNIX JAPONICA*

G. GROLLEAU et Yvonne FROUX

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

Des expériences de laboratoire ont été entreprises sur Caille japonaise, *Coturnix coturnix japonica*, dans le but de savoir si les résidus d'heptachlore trouvés dans les œufs, avaient ou non une répercussion sur la viabilité des embryons et des poussins, et dans l'affirmative, à partir de quel niveau-seuil.

Pour des doses journalières variant de 0,05 à 1 mg d'heptachlore, administré *per os* à des femelles en ponte (sous forme d'une suspension) pendant des durées variables également (18 à 32 jours), nous n'avons observé aucune influence sur le volume de la ponte ni sur le poids moyen des œufs pondus. Mais, si la présence, dans les œufs, de résidus allant de 1 à 17 p.p.m., est sans influence sur le taux de fécondité et sur la mortalité embryonnaire, il est apparu une augmentation statistiquement significative du taux de mortalité des poussins, dans les 7 premiers jours de leur vie, avec la dose la plus forte.

L'intoxication à court terme des cailles femelles, n'a pas eu d'effet nocif sur la maturation sexuelle et la fécondité de leur descendance survivante.

La répercussion de l'emploi des pesticides, en particulier des insecticides dérivés du cyclo-diène, préoccupe les milieux scientifiques depuis plusieurs années. De nombreux travaux américains et britanniques ont été effectués sur ce sujet, mais ils ont porté le plus souvent sur des Rapaces ou des Oiseaux piscivores, c'est-à-dire des espèces situées en bout des chaînes alimentaires. Nous avons voulu apporter notre contribution à ces études en prenant le cas des Gallinacés-gibier situés à un niveau trophique inférieur.

Avant de travailler sur les Perdrix et le Faisan, nous avons pensé qu'une première approche pouvait être réalisée en prenant la Caille japonaise qui s'élève aisément en laboratoire et qui est capable de pondre toute l'année.

Le choix de l'heptachlore se justifie par le très large emploi de cet insecticide pour le traitement des semences, surtout depuis que l'aldrine et la dieldrine ont été interdits en France pour cette utilisation.

L'objectif essentiel de notre étude a été de savoir si les résidus d'heptachlore trouvés dans les œufs avaient ou non une répercussion sur la viabilité des embryons et des poussins, et dans l'affirmative à partir de quel niveau-seuil. Pour obtenir des œufs contenant des résidus à divers niveaux, nous avons administré à des femelles en ponte des doses journalières d'heptachlore pendant un nombre limité de jours.

I. — CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Des lots de femelles en reproduction recevaient chaque jour une dose fixe d'heptachlore. Après un certain délai (8 jours au moins), les œufs pondus durant 10 jours consécutifs étaient recueillis et incubés artificiellement. Quatre expériences ont été faites successivement, référencées 2, 3, 4 et 5. Leurs données principales se résument dans la figure 1.

Les cailles utilisées provenaient d'élevages différents pour chacune des expériences.

L'heptachlore était administré à l'aide d'une sonde œsophagienne métallique sous forme d'une suspension dans une pseudo-solution de gélose à 1,5 p. 1 000. Chaque femelle recevait journalièrement 0,5 cm³ de suspension à x p. 100, les femelles témoins recevant la même quantité d'eau.

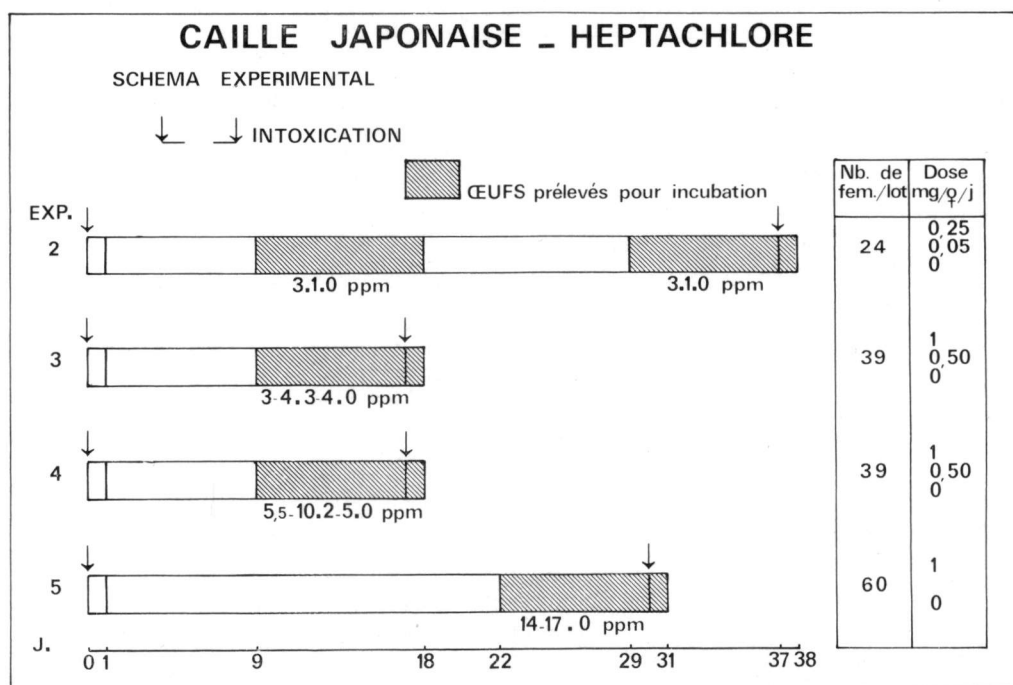


FIG. 1. — Schéma des conditions expérimentales de l'intoxication de Cailles japonaises femelles par l'heptachlore

En abscisse, les durées d'intoxication en jours.

Les grisés représentent les périodes de prélèvements d'œufs pour incubation et les nombres placés au-dessous indiquent les teneurs moyennes de résidus trouvés dans les œufs des mêmes lots de ponte.

II. — EFFETS SUR LES PONDEUSES ET SUR LA PONTE

La mortalité observée dans les lots de femelles intoxiquées a toujours été faible (moins de 9 p. 100) ; elle était comparable à celle notée dans les lots témoins, excepté dans l'expérience 5 (8 morts sur 60 contre 1 sur 60). (tabl. 1).

TABLEAU I

Mortalité chez les femelles en expérience

Dose administrée en mg/♀/j	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5
0	2 sur 24	0 sur 39	1 sur 39	1 sur 60
0,05	1 — 24			
0,25	2 — 24			
0,50		1 — 39	1 — 39	
1		3 — 39	1 — 39	8 — 60

Le nombre moyen d'œufs pondus par jour présentait, dans les lots intoxiqués, des différences faibles (en plus ou en moins) et non significatives avec celui observé chez les lots témoins, comme nous le montre la figure 2 (les traits verticaux indiquent l'intervalle de confiance (au seuil de sécurité de 5 p. 100) de la moyenne de la ponte (ramenée à 100 femelles).

Les poids moyens de ces œufs établis par pesée de l'ensemble de chaque lot étaient tout à fait voisins pour les uns et les autres, soit 11,2 à 11,3 g, excepté pour l'expérience 5 où ce poids atteignait 12,1 et 12,4 g, les oiseaux de cette souche étant d'un poids vif nettement plus élevé (173 à 278 g contre 123 à 190 g). (tabl. 2).

TABLEAU 2

Poids moyen des œufs (en g)
(d'après la pesée globale de chaque lot)

Dose en mg/♀ et par jour	Expérience n° 3		Expérience n° 4		Expérience n° 5	
	avant intox.	pendant intox.	avant intox.	pendant intox.	avant intox.	pendant intox.
0	10,9	11,2	10,7	11,3	non pesés	12,1
0,05						
0,25						
0,50	10,9	11,3	10,6	11,3		
1	10,9	11,4	10,6	11,2	non pesés	12,4

CAILLE JAPONAISE - HEPTACHLORE

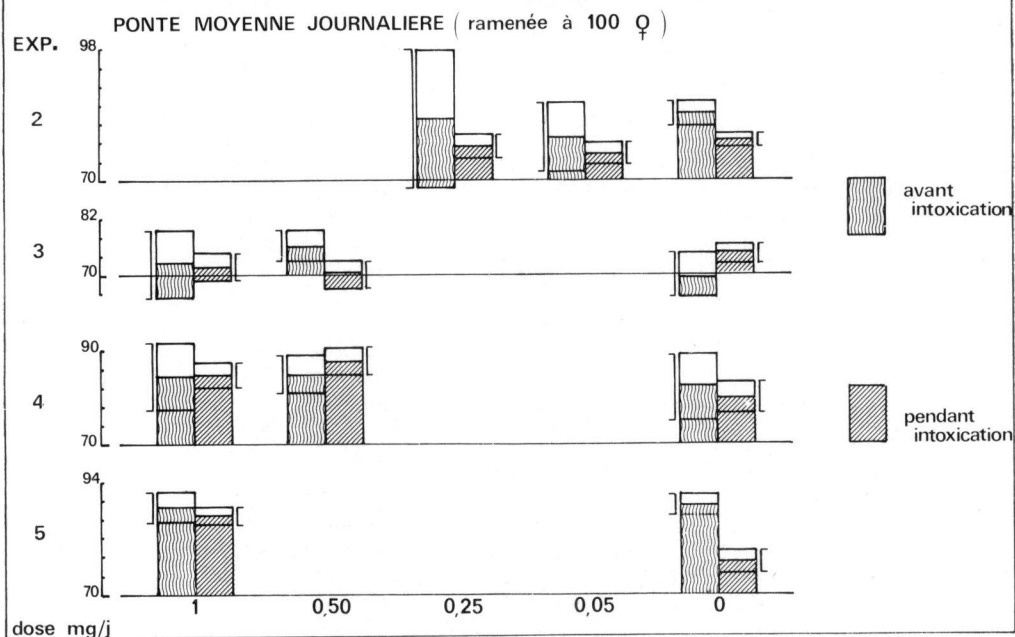


FIG. 2. — Graphique du nombre moyen d'œufs pondus par jour
Le nombre moyen a été rapporté à 100 ♀. En abscisse sont portées les doses administrées.
En ordonnées, le nombre d'œufs avec indication de l'intervalle de confiance de la moyenne (au seuil de 5 p. 100).

TABLEAU 3. — Taux d'œufs clairs (non fécondés) dans chacune des expériences

△ : degré de signification des différences observées
+ : signification positive
○ : pas de différence significative

CAILLE JAPONAISE - HEPTACHLORE

TAUX D'ŒUFS CLAIRS

DOSE EXP.	1 mg/j	0,50	0,25	0,05	0	△
1 ^{re} décade			0,159	0,299	0,477	+
2 ^e décade			0,180	0,378	0,464	+
3	0,114	0,106			0,188	+
4	0,153	0,133			0,137	○
5	0,158				0,156	○

Le taux des œufs clairs (= non fécondés) présentait des différences significatives (en plus ou en moins) avec les témoins, dans les expériences 2 et 3, non dans les deux autres, comme indiqué sur le tableau 3.

Les valeurs figurant dans les tableaux 3, 4, 5 et 6 correspondent au quotient du nombre absolu d'œufs clairs (ou éclos, ou des poussins morts) par le nombre absolu d'œufs incubés ou de poussins éclos. Pour obtenir le taux correspondant, il suffit de multiplier ces valeurs par 100. Par exemple 0,159 correspond à un taux d'œufs clairs de 15,9 p. 100.

Les différences relativement importantes observées entre l'expérience 2 et les trois autres, paraissent pouvoir être attribuées à l'origine de la souche utilisée dans le premier cas.

III. — EFFETS SUR LA VIABILITÉ DES ŒUFS

Le taux d'éclosion (= nombre de poussins éclos rapporté au nombre d'œufs fécondés) est, le plus souvent, un peu plus élevé chez les œufs des lots de femelles intoxiquées que chez ceux des lots témoins, mais de façon non significative (voir tabl. 4).

TABLEAU 4

Taux d'œufs parvenant à l'éclosion

(Cf. tabl. 3 pour identification des signes)

CAILLE JAPONAISE — HEPTACHLORE

TAUX D'ECLOSION

DOSE EXP.	1 mg / j	0,50	0,25	0,05	0	Δ
1 ^{re} décade			0,902	0,815	0,810	0
2 ^e décade			0,859	0,798	0,790	0
3	0,344 0,968	0,366 0,969			0,425 0,961	0
4	0,933	0,889			0,917	0
5	0,871				0,844	0

Dans ce tableau 4, pour l'expérience 3, nous relevons 2 chiffres pour chaque colonne concernée. En effet, nous avons arrêté volontairement les éclosions au bout de 24 heures, et le chiffre supérieur indique le taux de poussins effectivement éclos. Comme tous les œufs non éclos étaient examinés aussitôt, le chiffre inférieur indique la somme des poussins éclos et des embryons dans leur coquille. Ce dernier chiffre représente donc le taux d'éclosion le plus vraisemblable.

IV. — EFFETS SUR LA VIABILITÉ DES POUSSINS

La mortalité des poussins est en général plus élevée chez ceux issus d'œufs contenant des résidus que chez ceux issus d'œufs témoins, ainsi que cela se voit dans le tableau 5. Les observations ont été poursuivies jusqu'à l'âge d'un mois ; mais au-delà de la première semaine, les mortalités sont très faibles et comparables d'un lot à l'autre et d'une expérience à l'autre.

TABLEAU 5

Taux de mortalité des poussins dans chacune des expériences
(Cf. tabl. 3 et 4)

CAILLE JAPONAISE — HEPTACHLORE						
MORTALITE DES POUSSINS DURANT LES 7 PREMIERS JOURS						
DOSE EXP.	1 mg/j	0,50	0,25	0,05	0	Δ
1 ^{re} décade			0,067	0,102	0,063	0
2 ^e décade			0,153	0,113	0,078	0
3	0,307	0,099			0,148	+
4	0,188	0,125			0,050	+
5	0,509				0,023	+

Les différences observées sont significatives pour les poussins issus de femelles ayant reçu 1 mg d'heptachlore par jour (expériences 3, 4 et 5) au seuil de sécurité de 5 p. 100.

V. — FÉCONDITÉ DES CAILLETEAUX AYANT SURVÉCÚ

Nous avons cherché à savoir si les poussins ayant survécu arrivaient normalement à maturité sexuelle et si, d'autre part, leur fécondité n'était pas diminuée. Pour cela, dès que la ponte des femelles fut bien établie, nous avons, comparativement aux cailleteaux de même âge issus des parents témoins, prélevé des œufs pour les incuber, toujours dans les mêmes conditions expérimentales (56 ♀ issues de parents intoxiqués, 57 ♀ issues de parents témoins).

L'incubation fut arrêtée (pour des raisons pratiques) le 12^e jour et les œufs furent examinés aussitôt. L'ensemble des résultats peut se résumer dans le tableau suivant, la ponte ayant été observée durant 17 jours et les œufs prélevés pour incubation durant 8 jours de cette période :

TABLEAU 6

	Ponte moyenne journalière ramenée à 100 ♀	Œufs incubés		
		Non fécondés	Embryons normaux	Embryons morts
Cailles issues de parents intoxiqués	78,5	$\frac{55}{322} = 0,171$	$\frac{252}{267} = 0,944$	$\frac{15}{267} = 0,056$
Cailles issues de parents témoins	83,2	$\frac{84}{339} = 0,248$	$\frac{243}{255} = 0,953$	$\frac{12}{255} = 0,047$

La petite différence observée dans le volume de la ponte, au bénéfice des témoins, n'est pas significative. D'autre part, nous voyons que le taux d'œufs non fécondés est inférieur chez les cailles issues de parents intoxiqués, ce qui élimine à la fois l'hypothèse d'un retard de maturation sexuelle et une moindre fécondité. De plus, il y avait pratiquement les mêmes proportions d'embryons vivants et d'embryons morts dans les deux cas (différences non significatives).

VI. — CONCLUSIONS

D'après les analyses d'œufs effectuées par M^{lle} de LAVAUUR sur des échantillons prélevés sur les lots mis en incubation, les œufs mis en couveuse devaient avoir une teneur en résidus d'heptachlore avoisinant les valeurs ci-après (tabl. 7) :

Nous voyons que l'intoxication des femelles par des doses journalières d'heptachlore comprises entre 0,05 et 1 mg, n'a aucune influence sur le volume de la ponte ni sur le poids des œufs pondus. Mais, si la présence dans les œufs de résidus allant de 1 à 17 p. p.m. est sans influence sur le taux de fécondité et sur celui des éclosions,

donc sur la mortalité embryonnaire, par contre, il apparaît dans les conditions de nos expériences qu'il y a corrélativement une augmentation significative à l'analyse statistique du taux de mortalité des poussins dans les 7 premiers jours, pour les expériences 3, 4 et 5 avec la dose la plus forte.

TABLEAU 7

Expériences	p.p.m. d'heptachlore
n° 2 lot 0,05 mg lot 0,25 mg	1 3
n° 3 lot 0,50 mg lot 1 mg	3 à 4 3 à 4
n° 4 lot 0,50 mg lot 1 mg	2 à 5 5,5 à 10
n° 5 lot 1 mg	14 à 17

Quant à ce taux de mortalité, il est variable d'une expérience à l'autre, même pour la dose d'heptachlore la plus élevée (1 mg par femelle et par jour). Les différences d'origine des souches expliquent peut-être cette variabilité.

De plus, nous pouvons dire que chez la Caille japonaise, l'intoxication à court terme de femelles n'a pas eu d'effet nocif sur la maturation sexuelle et la fécondité de leur descendance survivante.

Reçu pour publication en janvier 1973.

SUMMARY

ACTION OF HEPTACHLOR ON THE QUAIL REPRODUCTION *COTURNIX COTURNIX JAPONICA*

As a contribution to the study of the consequences of the use of chlorinated insecticides we have studied what occurs in gallinacean game, species that are situated at an intermediate, trophic level. A first approach has been realized in the laboratory on the japanese quail *Coturnix coturnix japonica*, and egg-laying females were administered heptachlor. We wanted to know whether the residues found in the eggs had consequences on the embryos and chicks ability for living, and if so, from which threshold dosage on.

With daily doses going from 0.05 to 1 mg heptachlor administered *per os* to the females in experiment (as suspensions in a 1.5 p. 1 000 pseudo-solution of agar agar) during various periods (18 to 32 days) we have not observed any effect neither on the bulk of eggs laid nor on their mean weight. But, although the presence in the eggs of residues of 1 to 47 p.p.m. does not interfere with

the fecundity rate and the embryonic mortality, a significant increase in the death rate of chicks occurs during the first seven days of their life, with the highest dose (50 p. 100 mortality in chicks from females having received 1 mg per day, *versus* 2 p. 100 in controls in the last experiment, where mean residues in the eggs fluctuated from 14 to 17 p.p.m.).

The short term intoxication in female quails had no noxious effect on the sexual maturation and on the fecundity of the surviving progeny.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE RELATIVE AUX EFFETS DES INSECTICIDES CHLORÉS SUR LA REPRODUCTION DES OISEAUX

Nous avons cru utile, en raison de l'intérêt porté à cette question, de réunir ici une bibliographie plus large que celle se rapportant strictement au sujet traité.

- ANDERSON D. W., HICKEY J. J., RISEBROUGH R. W., HUGUES D. F., CHRISTENSEN R. E., 1969. Significance of chlorinated hydrocarbon residues to breeding pelicans and cormorants. *Canad. Field Natur.*, **83** (2), 91-112.
- ANDERSON D. W., HICKEY J. J., 1970. Oological data on egg and breeding characteristics of brown pelicans. *The Wilson Bull.* **82** (1), 14-28.
- BLUS L. J., 1970. Measurements of brown pelican eggshells from Florida and South Carolina. *Bio Science*, **20** (15), 867-869.
- CADE T. J., WHITE C. M., HAUGH J. R., 1968. Peregrines and pesticides in Alaska. *Condor*, **70** (2), 170-178.
- CADE T. J., LINCER J. L., WHITE C. M., ROSENEAU D. G., SWARTZ L. G., 1971. DDE residues and eggshell changes in Alaskan Falcons and Hawks. *Science*, **172** (3986), 955-957.
- CAUSEY M. K., BONNER F. L., GRAVES J. B., 1968. Dieldrin residues in the Gallinules *Porphyryla Martinica* L. and *Gallinula chloropus* L. and its effect on clutch size and hatchability. *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.*, **3** (5), 274-283.
- COOKE A. S., 1971. Uptake of DDT and DDE by the quail embryo and chick. *Pesticide Science*, **2**, 144-147.
- CRAMP S., 1963. Toxic chemicals and birds of prey. *Br. Birds*, **56** (4), 124-139.
- ENDERSON J. H., BERGER D. D., 1968. Chlorinated hydrocarbon residues in peregrines and their prey species from Northern Canada. *Condor*, **70**, 149-153.
- FLETCHER W. W., DUNACHIE J. F., 1970. Studies on the toxicity of pesticides to chicken embryos. *VII^e Congr. intern. Protect. Plantes*. Paris, 1970.
- GENELLY R. E., RUDD R. L., 1956. Effects of DDT, Toxaphene and Dieldrin on pheasant reproduction. *The Auk*, **73**, 529-539.
- GEORGE J. L., 1960. Effects on wildlife of pesticide treatments of water areas. *Proc. Symp. on Coord. of Mosquito Control and Wild. Man*, 94-102.
- GUTHRIE F. E., DONALDSON W. E., 1970. Distribution of DDT and dieldrin in the avian embryo. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **16**, 475-481.
- HICKEY J. J., ANDERSON D. W., 1968. Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. *Science*, **162** (3850), 271-273.
- JEFFERIES D. J., PREST I., 1966. *Post mortem* of Peregrines and Launers with particular reference to organo-chlorine residues. *Br. Birds*, **59**, 49-64.
- JEFFERIES D. J., 1967. The delay in ovulation produced by *pp'*-DDT and its possible significance in the field. *Ibis*, **109**, 266-272.
- JEFFERIES D. J., FRENCH M. C., 1969. Avian thyroid : effect of *pp'*-DDT on size and activity. *Science*, **166**, 1278-1280.
- JOHNSON L. G., MORRIS R. L., HARRISON H., 1970. Preliminary study of pesticide levels in the eggs of Iowa Pheasants, Blue Wing Teal and Coots. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **5** (5), 474-478.
- JONES F. J. S., SUMMERS D. D. B., 1968. Relation between DDT in diets of laying birds and viability of their eggs. *Nature*, **217** (5134), 1162.
- KOEMAN J. H., OSKAMP A. A. G., VEEN J., BROUWER E., ROTH J., ZWART P., V. D. BROEK E., VAN GEDEREN H., 1967. Insecticides as a factor in the mortality of the Sandwich Tern (*Sterna sandwicensis*). A preliminary communication. *Meded. Rijksfac. Landbouw-Wetensch. Gent*, **32** (3-4), 841-854.

- LAMONT T. G., BAGLEY G. E., REICHEL W. L., 1970. Residues of O, P'-DDD and O, P'-DDT in Brown Pelican eggs and Mallard Ducks. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **5** (3), 231-236.
- LEHNER P. N., EGBERT A., 1969. Dieldrin and eggshell thickness in ducks. *Nature*, **224**, 1218-1219.
- LOCKIE J. D., RATCLIFFE D. A., 1964. Insecticides and Scottish Golden Eagles. *Br. Birds*, **57** (3), 89-102.
- LOCKIE J. D., RATCLIFFE D. A., BALHARRY R., 1969. Breeding success and organo-chlorine residues in Golden Eagles in West Scotland. *J. Appl. Ecol.*, **6**, 381-389.
- MOORE N. W., WALKER C. H., 1964. Organic chlorine insecticide residues in wild birds. *Nature*, **201** (4924), 1072-1073.
- PEAKALL D. B., 1969. Effect of DDT on calcium uptake and vitamin A metabolism in birds. *Nature*, **224**, 1219-1220.
- PERSSON B., 1971. Chlorinated hydrocarbons and reproduction of a South Swedish population of Whitethroat *Sylvia communis*. *Oikos*, **22**, 248-255.
- PORTER R. D., WIEMEYER S. N., 1969. Dieldrin and DDT, effects on Sparrow Hawk eggshells and reproduction. *Science*, **165**, 199-200.
- POTTS G. R., 1968. Success of eggs of the Shag on the Farne Islands, Northumberland in relation to their content of dieldrin and pp'DDE. *Nature*, **217**, 1282-1284.
- RAMADE F., 1970. Influence des traitements pesticides sur l'avifaune. *Science, Progrès, Découverte*, nov. 1970, 24-35.
- RATCLIFFE D. A., 1965. Organo-chlorine residues in some raptor and corvid eggs from northern Britain. *Br. Birds*, **58**, 65-81.
- RATCLIFFE D. A., 1967 a. The Peregrine situation in Great Britain, 1965-66. *Bird Study*, **14** (4), 238-246.
- RATCLIFFE D. A., 1967 b. Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some british birds. *J. Appl. Ecol.*, **7**, 67-115.
- ROBINSON J., 1969. Organo-chlorine insecticides and bird populations in Britain. *Chemical Fallout*, **7**, 113-169.
- SCHMID F., 1966. The status of the Osprey in Cape May Country, New Jersey between 1939 and 1963. *Chesapeake Science*, **7** (4), 220-223.
- SHELLENBERGER T. E., NEWELL G. W., 1965. Toxicological evaluations of agricultural chemicals with japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Lab. Anim. Care*, **15** (2), 119-130.
- SHELLENBERGER T. S., LEE J., UDALE B., NEWELL G. W., 1966. Comparative toxicity of DDT, Dieldrin and Heptachlor to japanese and Bobwhite quail. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **8**, 353-354.
- SWITZER B., LEWIN V., 1971. Shell thickness, DDE levels in eggs, and reproductive success in common stern (*Sterna hirundo*) in Alberta. *Canad. J. Zool.*, **49** (1), 69-73.
- TAYLOR A., BRADY J., 1964. Chlorinated pesticide residues in wild bird eggs. *Bird Study*, **11** (3), 192-197.
- TUBBS C. R., 1967. Population study of Buzzards in the New Forest during 1962-66. *Br. Birds*, **60**, 381-395.
- WIEMEYER S. N., PORTER R. D., 1970. DDE thin eggshells of captive american kestrels. *Nature*, **227**, 737-738.
- WURSTER JR C. F., WINGATE D. B., 1968. DDT residues and declining reproduction in the Bermuda Petrel. *Science*, **159** (3818), 979-981.
-

RECHERCHE D'UN CRITÈRE D'ÂGE CHEZ LE LIÈVRE *LEPUS EUROPAEUS*

D. PÉPIN

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

Nous avons pu préciser certaines données concernant l'évolution de critères d'âge les plus souvent utilisés chez le lièvre à partir d'animaux sauvages.

1° *Chez les individus vivants*, le *poids corporel* peut servir de premier critère pendant la phase de croissance rapide c'est-à-dire jusqu'à 3 ou 4 mois.

Après cette période, il est possible de séparer les lièvres en quatre catégories en se référant :

— d'une part à l'évolution de l'ossification de l'*humérus* (la gouttière de l'épiphyse proximale se ferme entre 5 et 7 mois.)

— et d'autre part à celle du *cubitus* (l'épaississement de l'épiphyse inférieure commence à disparaître à 7 mois et n'est plus décelable après 9 mois et demi).

2° *Chez les individus morts* : une distinction particulière est faite pour les jeunes levrauts dont l'étude de la *denture lactéale* montre que la petite incisive postéro-médiane de la mâchoire supérieure tombe vers le 11^e-12^e jour.

La *croissance pondérale du cristallin* est d'abord de type linéaire jusqu'à 1 mois et demi, puis elle suit une fonction logarithmique.

Il est possible d'avoir une idée assez précise de l'âge d'animaux capturés ou tués en nature grâce à ces critères surtout si on les utilise simultanément.

I. — INTRODUCTION

L'étude de la structure et de la dynamique des populations d'animaux sauvages nécessite le recours à des méthodes permettant de distinguer au moins les jeunes individus des adultes. Parmi les espèces communes, le lièvre *Lepus europaeus* a été l'objet de quelques recherches pour le choix de critères d'âge. Mais, il est très diffi-

cile d'obtenir des lièvres sauvages qui soient d'âge connu ; c'est pourquoi, il nous a paru intéressant de faire un examen des critères d'âge habituellement employés, sur un nombre important d'individus nés en captivité et d'âge parfaitement connu.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux méthodes d'examen ont été utilisées sur les *individus vivants* :

- la pesée de levrauts qui a permis d'établir une courbe de croissance de la naissance à 270 jours ;
- le contrôle radiographique de l'évolution de l'ossification du cubitus et de l'humérus qui a été réalisé sur 60 lièvres âgés de 1,5 mois à 21 mois après anesthésie au thiopental sodique à 5 p. 100 par voie intraveineuse.

En effet, chez le lièvre, l'épiphyse inférieure du cubitus (partie distale) est relativement longue et il est possible par simple palpation de sentir l'épaississement correspondant au cartilage de conjugaison. L'existence de cette saillie nodulaire chez le jeune et sa disparition chez l'adulte permettent de diviser les individus en 3 classes d'âge (STROH, 1931).

Classe A : Individus avec épaississement de l'épiphyse très perceptible à la palpation.

Classe B : Individus avec épaississement de l'épiphyse encore perceptible mais en voie de disparition.

Classe C : Individus sans épaississement décelable.

LECHLEITNER (1959) préfère se référer à l'ossification de l'épiphyse proximale de l'humérus, il établit également 3 groupes d'âge à partir des critères suivants :

Groupe I : Existence d'une gouttière, le cartilage n'étant pas encore ossifié.

Groupe II : Emplacement de cette gouttière encore reconnaissable.

Groupe III : La gouttière a disparu.

Pour les *individus morts*, deux modes de prélèvement sont pratiqués, l'un sur les jeunes levrauts, l'autre sur tous les animaux.

L'existence d'une denture lactéale chez les levrauts peut servir de critère d'âge pour les deux premières semaines de la vie. Les mâchoires de levrauts de 5 à 20 jours sont nettoyées puis blanchies dans une solution d'eau oxygénée et finalement examinés à la loupe binoculaire.

Le poids du cristallin est le test le plus fréquemment utilisé sur les cadavres et sans doute le plus précis. LORD en 1959 l'employa pour la première fois chez *Sylvilagus floridanus*.

Les yeux prélevés immédiatement après la mort sont conservés pendant au moins 15 jours dans du formol à 10 p. 100. Dans certains cas, un œil est prélevé tandis que l'autre, laissé en place, n'est enlevé que quelques jours plus tard (3 au moins) après la mise de l'animal en chambre froide à -15°C . Les cristallins isolés et nettoyés puis placés dans des coupelles sont mis à l'étuve à 100°C pendant 48 heures puis pesés avec une précision du dixième de mg.

III. — RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

A. — Croissance pondérale des levrauts de la naissance à 270 jours

a) Résultats.

L'évolution de la croissance pondérale des levrauts d'élevage est illustrée par la figure 1.

L'intervalle de classe est de 5 jours entre 1 et 50 jours, de 10 jours entre 51 et 90 jours et de 30 jours entre 91 et 270 jours.

La pesée de 104 jeunes a permis d'établir que le poids moyen à la naissance est de 112 ± 7 g (intervalle de confiance au seuil de 5 p. 100) et, au moment du sevrage à un mois, atteint en moyenne 895 ± 85 g (29 données).

Après une période de croissance rapide jusqu'à 3 mois, on observe un net ralentissement.

Il n'y a pas de différence significative dans la croissance des mâles et des femelles. Par contre si l'on sépare les individus nés en début de saison de reproduction

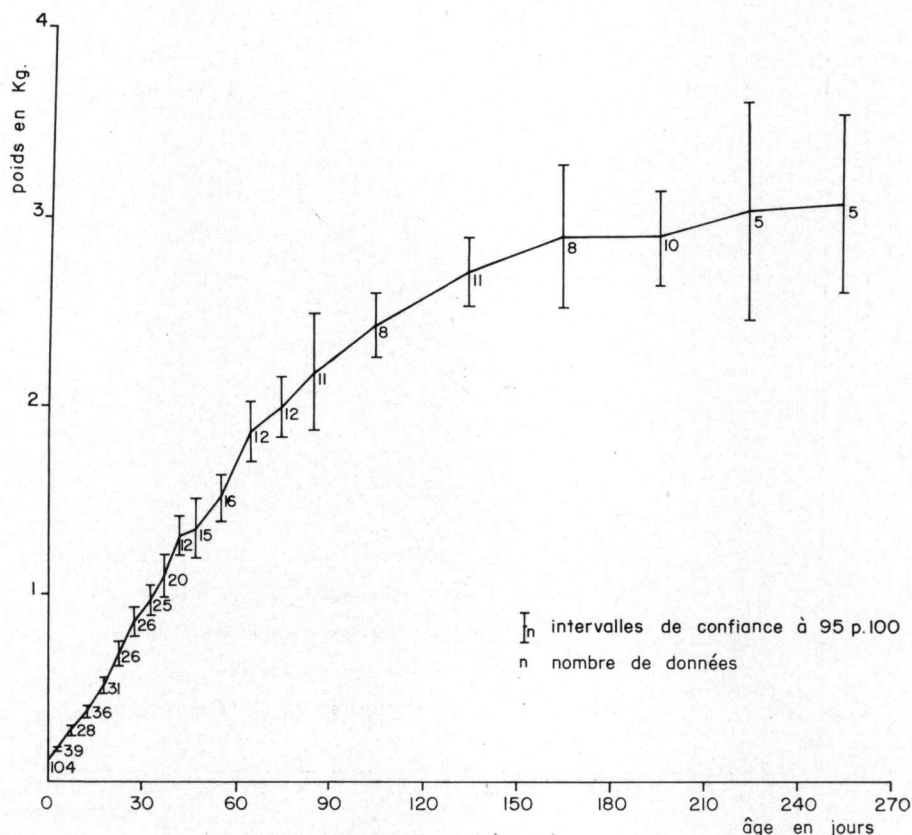


FIG. 1. — Croissance pondérale de levrauts de l'élevage de Jouy-en-Josas

FIG. 1 — Ponderal growth of young hares in the Jouy-en-Josas stock

Confidence intervals at 95 p. 100 ; n = number of data, age in days, weight in kg.

(janvier-février-mars) de ceux nés en avril-mai et juin, on remarque que les premiers ont une croissance légèrement supérieure (fig. 2). Ceci peut s'expliquer par le fait que le nombre de jeunes par portée est plus faible en début de saison de reproduction que par la suite.

b) Discussion.

La croissance d'un levraut né en captivité que donne HEDIGER en 1948, est tout à fait comparable à celle observée pour les levrauts de notre élevage.

PILARSKA (1969) donne également une courbe de croissance de levrauts élevés au laboratoire. Cependant cet auteur pratique un allaitement artificiel ce qui explique que la croissance de ces levrauts soit pendant les 2 premiers mois plus faible que

celle que nous constatons dans notre élevage. PUGET (1969) qui a étudié l'influence du sevrage plus ou moins précoce, note le même phénomène.

En comparant l'évolution de la croissance pondérale de lièvres en nature et

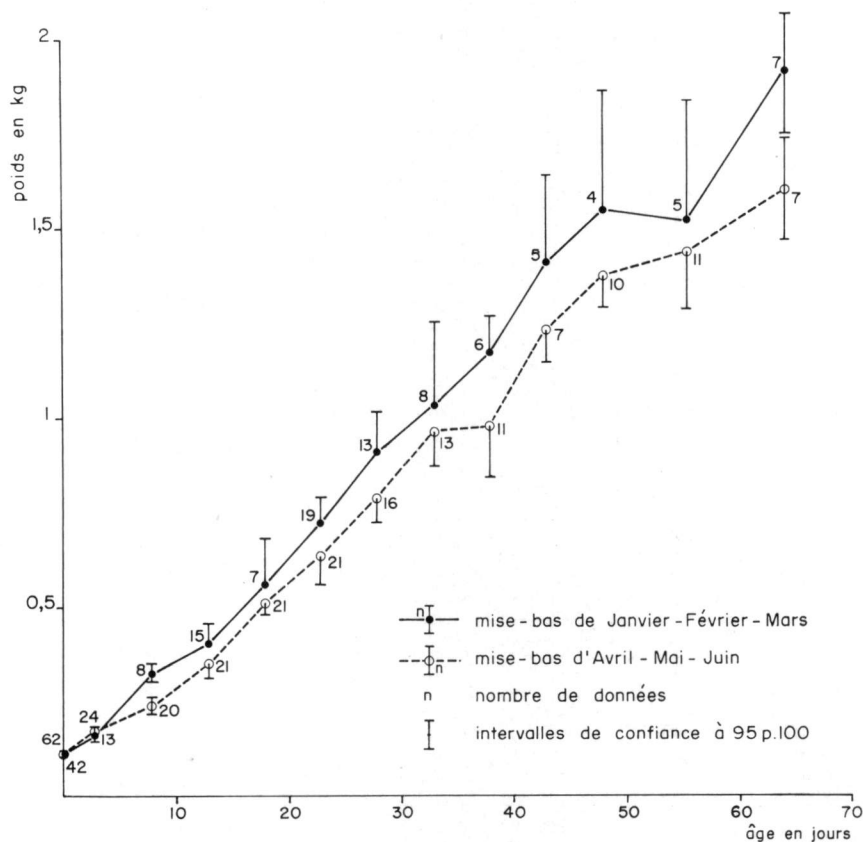


FIG. 2. — Croissance pondérale de levrauts en fonction de la date de mise bas

FIG. 2. — Ponderal growth of young hares in terms of birth date

Births in January, February, March ; Births in April, May, June ; n = number of data ; confidence intervals at 95 p. 100 ; weight in kg ; age in days.

en élevage, PETRUSEWICZ (1970) constate qu'à partir de 3 à 4 mois les animaux vivant en nature ont une croissance beaucoup plus rapide que les individus élevés en captivité.

Ceci est confirmé par l'étude de PIEŁOWSKI (1971) sur la croissance pondérale de lièvres sauvages.

Cependant KEITH *et al.* (1968) trouvent chez le *Lepus americanus* un taux de croissance plus faible, pour les animaux en liberté que pour ceux conservés captifs.

A partir du poids corporel du lièvre CABON-BACZYNSKA (1964) détermine 4 classes d'âge ; mais WALHOVD (1966) signale qu'il existe en fait de grandes variations de poids pour un même âge et que ce critère ne demeure valable que pour les animaux

en croissance rapide. Pour *Lepus europaeus*, en nature comme en élevage, on peut considérer que cette phase de croissance rapide se termine vers l'âge de 3 à 4 mois. Le poids n'est donc utilisable comme critère d'âge que pendant cette période.

B. — Examen radiographique des pattes antérieures de lièvres

a) Résultats.

Les résultats concernant l'examen radiographique du cubitus et de l'humérus de lièvres d'élevage sont portés sur la figure 3. Une illustration en est donnée dans les figures 4 et 5. Les individus sont classés en 3 catégories pour chaque critère utilisé, suivant les subdivisions de STROH (1931) pour l'ossification au niveau de l'épiphyse inférieure du cubitus et de LECHLEITNER (1959) pour celle de l'épiphyse proximale de l'humérus. Le nombre d'observations est porté entre parenthèses pour chaque cas possible en face d'un axe schématisant l'âge des individus exprimé en mois.

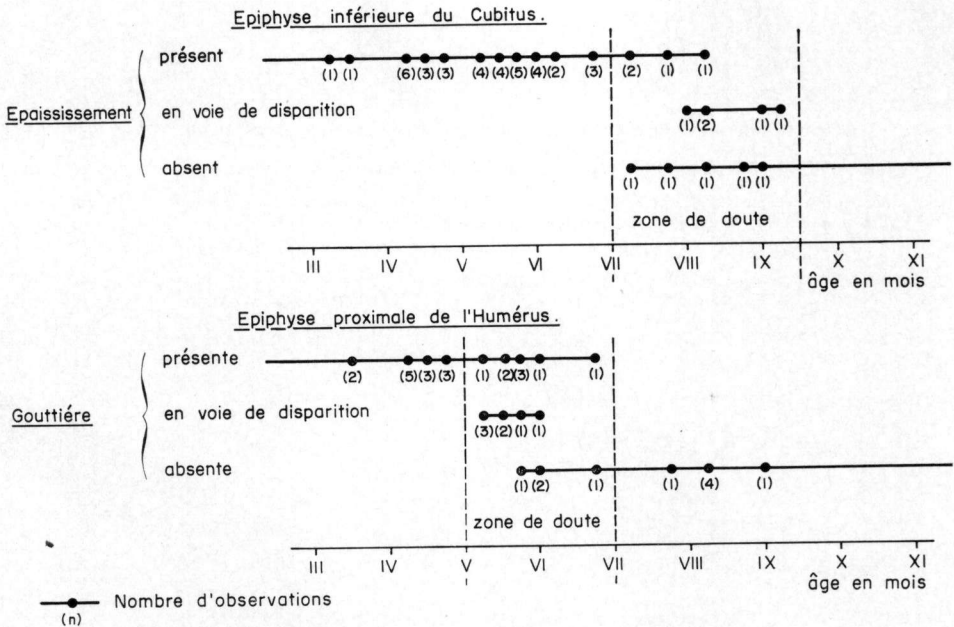


FIG. 3. — Examen radiographique des pattes antérieures de lièvres

FIG. 3. — X-Ray examination of hare front paws

Epiphysis at distal end of ulna; thickening—present, disappearing, absent, zone of doubt; age in months, proximal epiphysis of humeral; groove — present, disappearing, absent, zone of doubt; age in months.

Il n'existe pas de différence dans la vitesse d'ossification entre les mâles et les femelles ou en fonction de la date de naissance. Les seules différences enregistrées proviennent de variations individuelles.

Ainsi l'ossification la plus précoce du cubitus est décelée à 7 mois $\frac{1}{4}$ alors que pour un autre animal de 9 mois $\frac{1}{4}$ l'épaississement se trouve seulement en voie de disparition. La zone de doute, correspondant à la classe B de STROH (1931), s'étend

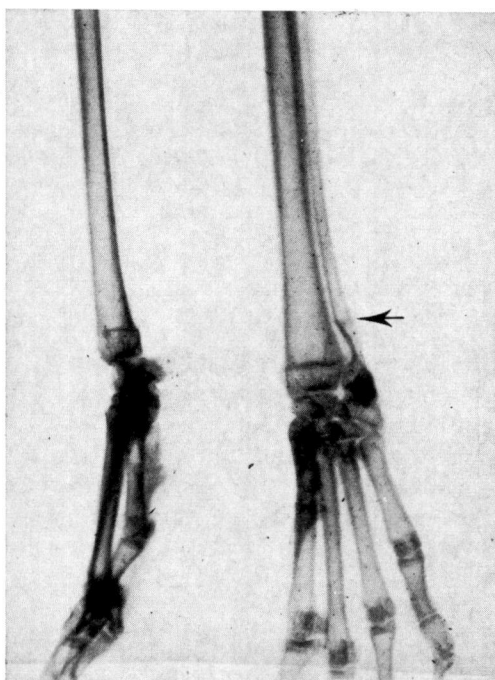
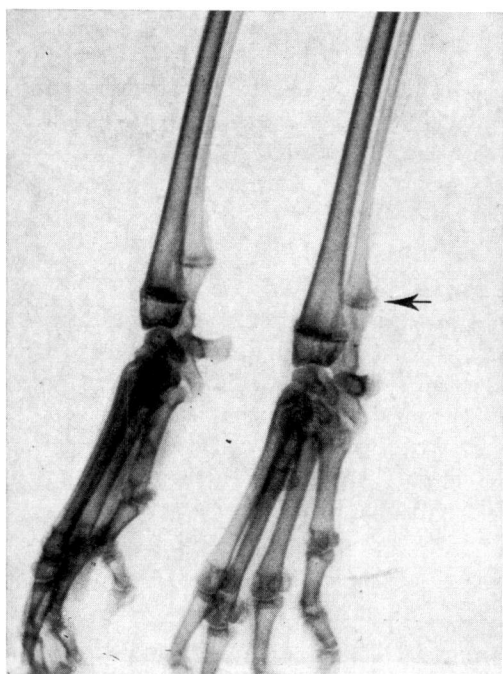


FIG. 4. — Épiphyse inférieure du cubitus. *Levraut* : épaississement de l'épiphyse du cubitus bien visible (niveau de la flèche).
Adulte : épiphyse du cubitus sans épaississement décelable (niveau de la flèche).

FIG. 4. — Epiphysis at distal end of ulna ; young hares : sharp thickening (at the level of the arrow).
 Adults : no visible thickening (at the level of the arrow).

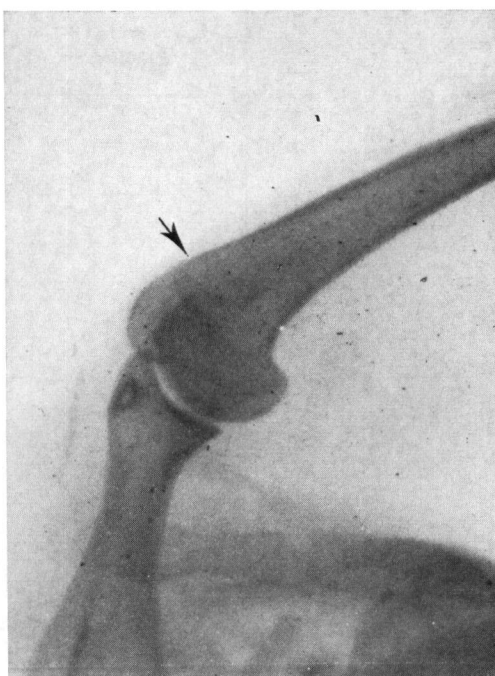
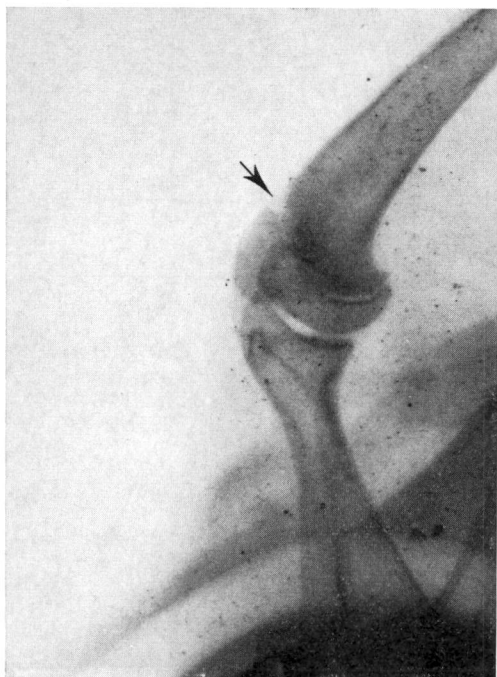
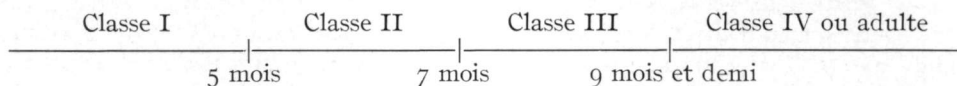


FIG. 5. — Épiphyse proximale de l'humérus. *Levraut* : gouttière bien visible (niveau de la flèche).
Adulte : emplacement de la gouttière non décelable (niveau de la flèche).

FIG. 5. — Epiphysis at proximal end of humerus ; young hares : sharp groove (at the level of the arrow).
 Adult : no visible groove (at the level of the arrow).

donc de 7 mois à 9 mois 1/2. L'ossification complète du cubitus de tous les animaux est achevée vers 9 mois 1/2.

La gouttière de l'épiphyse proximale de l'humérus commence à se fermer vers 5 mois, 5 mois 1/2 et cette fermeture s'achève vers 7 mois. Ces limites correspondent au groupe 2 de LECHLEITNER (1959). Il est donc possible, d'après ces résultats, de diviser les populations de lièvres en 4 classes d'âge selon le schéma suivant :



La classe I est représentée par les individus de moins de 5 mois présentant à la fois l'épaississement du cubitus et la gouttière de l'humérus, la seconde classe par ceux de 5 à 7 mois dont la gouttière de l'humérus commence à disparaître, l'épaississement du cubitus étant encore présent. Dans la classe III entrent les individus de 7 à 9 mois et demi dont l'épaississement du cubitus commence à disparaître et dont la gouttière à l'humérus n'est plus décelable. La classe IV ou catégorie adulte renferment les individus de plus de 9 mois et demi n'ayant plus ni épaississement du cubitus, ni bien entendu de gouttière à l'humérus.

b) Discussions.

STROH (1931) croyait que la partie distale du cubitus se trouvait complètement formée entre 9 et 12 mois. ANDERSEN (1958) pense qu'elle s'achève vers 7 mois et WALHOVD (1966) donne une marge allant de 7 à 9 mois. Nos propres résultats confirment l'opinion du dernier auteur cité.

BUJALSKA *et al.* (1965) utilisent comme critère d'âge la largeur d'épaississement épiphysaire du cubitus tandis que BROEKHUIZEN (1971) adopte une classification en 9 stades représentant l'ossification du radius et du cubitus après nettoyage de ces deux os, mais dans ces deux cas l'examen ne peut se faire que sur des animaux morts.

L'erreur commise lors de palpation de pattes est estimée par WALHOVD (1966) à 40 p. 100 pour le cubitus. Elle peut être considérablement réduite par la combinaison des 2 critères d'ossification utilisés.

C. — Dentition des levrauts

a) Résultat.

L'examen à la loupe binoculaire des mâchoires de levrauts de 5 à 20 jours nés en élevage, permet de préciser la date à laquelle tombe la petite incisive postéro-médiane de la mâchoire supérieure. D'après nos observations cette dent tombe le 11^e ou 12^e jour. Ceci est particulièrement intéressant pour l'étude de la mortalité des tout jeunes levrauts dans la nature.

b) Discussion.

Pour FRAGUGLIONE (1957) cette dent de lait temporaire ne tomberait qu'à l'âge de 2 semaines ; mais cet auteur revient sur cette estimation en 1962 en déclarant qu'elle tombe vers le 10^e jour. Ceci s'explique par le fait que FRAGUGLIONE ne connaît pas l'âge exact des levrauts capturés.

D. — Poids des cristallins

a) Résultats.

Les résultats concernant la pesée de cristallins de 135 lièvres d'élevage sont rapportés dans les figures 6 et 7.

Il existe deux périodes de croissance pondérale :

— avant un mois et demi, la croissance est de type linéaire et répond à la formule $y = 1,55x + 20$ où y représente le poids des cristallins exprimé en mg et x l'âge des lièvres exprimé en jours (fig. 6) ;

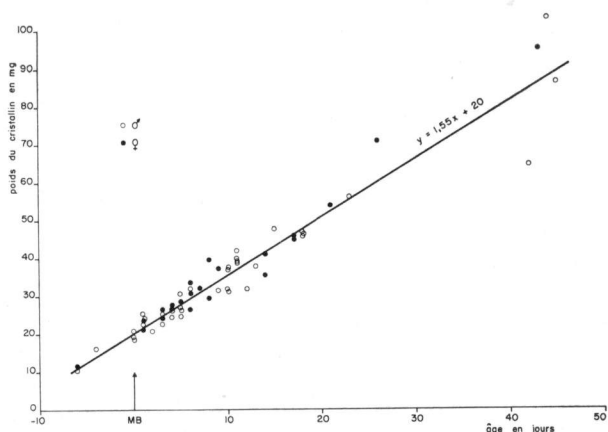


FIG. 6. — Croissance pondérale des cristallins en fonction de l'âge (de — 6 à + 45 jours)
MB = mise bas

FIG. 6. — Ponderal growth of eye lens in terms of age (from — 6 to + 45 days)
Weight of eye lens in mg ; age in days
MB = birth

— après un mois et demi, la croissance ralentit. La droite de régression obtenue après transformation logarithmique de l'âge a pour coefficient de corrélation $r = 0,98$.

L'évolution du poids du cristallin (y) se trouve liée à l'âge par la formule :

$$y = 88,5 \log \text{ âge en jours} - 246 \text{ (fig. 7).}$$

On ne constate pas de différence significative entre la croissance des cristallins des mâles et des femelles. Le prélèvement d'un œil puis de l'autre après une période supérieure à 3 jours en chambre froide à -15°C a été fait sur 12 mâles. Le poids des cristallins diminue en moyenne de 7 à 8 p. 100 après conservation au froid.

b) Discussion.

Le poids du cristallin utilisé pour la première fois par LORD en 1959 comme critère de détermination de l'âge de *Sylvilagus floridanus* est depuis cette date très largement utilisé. Mais il faut tenir compte des conditions de prélèvements. En effet, MONTGOMERY (1963), RONGSTAD (1966) ANDERSEN *et al.* (1972) signalent des changements dans le poids des cristallins résultant de la décomposition de ceux-ci,

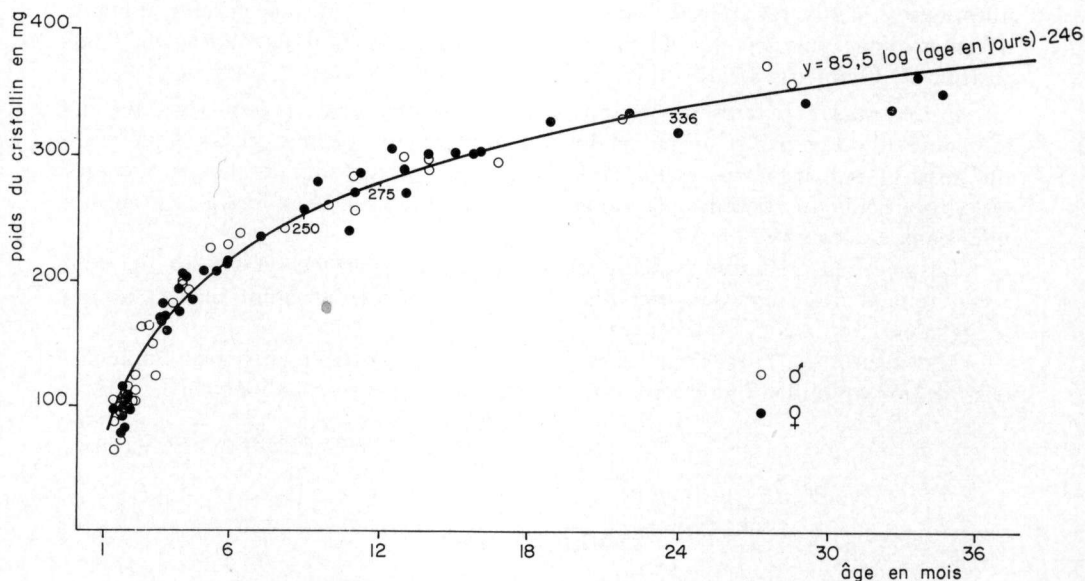


FIG. 7. — Croissance pondérale des cristallins en fonction de l'âge

FIG. 7. — Ponderal growth of eye lens in terms of age
Weight of eye lens in mg ; age in months.

tandis que MONTGOMERY (1963) et PELTON (1970) font remarquer qu'une réduction de poids s'observe après congélation. Nous avons observé la même tendance en laissant les animaux en chambre froide. BROEKHUIZEN (1971), avec peu de données, trouve une courbe assez proche de la nôtre.

IV. — DISCUSSION

De nombreux auteurs ont entrepris de comparer différents critères d'âge, le plus souvent sur des lièvres dont ils ne connaissaient pas l'âge.

Au contraire dans ce travail, nous avons pu étudier simultanément les critères choisis sur des animaux d'âge connu. Nous en avons retenu 4, deux se pratiquant sur l'animal vivant, les deux autres après autopsie.

Il faut distinguer les critères de type continu, c'est-à-dire évoluant avec l'âge sans discontinuité marquée, des critères de type discontinu, qui, au contraire, se caractérisent par une rupture d'évolution à un certain stade de développement.

a) Parmi les critères de type continu (croissance pondérale du corps et des cristallins) notre conclusion est que, seul le 2^e peut être utilisé pour des lièvres âgés de plus de 4 mois, car on assiste à des variations individuelles importantes du poids, surtout à l'approche de l'hiver.

b) Parmi les critères de type discontinu (dentition et ossification des pattes

antérieures), nous retiendrons plus spécialement le second qui permet d'établir 4 classes d'âge pouvant être facilement définies en associant l'évolution de l'ossification de l'humérus à celle du cubitus.

c) Ces quatre critères permettent d'avoir une idée assez précise sur l'âge des animaux si l'on en utilise au moins deux simultanément, comme par exemple poids du corps et palpation ou mieux radiographie des pattes pour les lièvres vivants, ou encore poids du cristallin et examen de l'ossification de l'humérus et du cubitus pour ceux à autopsier.

Le poids du cristallin demeure le critère le plus sûr bien qu'il y ait un large recouvrement des poids des cristallins chez les animaux dépassant un an, comme le signalent ANDERSEN *et al.* (1972).

MEUNIER *et al.* (1972) ont montré que ce critère varie moins sous l'influence des facteurs du milieu que la croissance corporelle en poids et en longueur.

Reçu pour publication en janvier 1973.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mme L. MARTINET et Mr B. MORET qui nous ont permis de travailler sur les lièvres de l'élevage de Jouy-en-Josas (I. N. R. A.) ainsi que le service de Mr P. AUFRAY pour l'aide apportée lors des examens radiographiques.

SUMMARY

STUDIES OF AN AGE CRITERION FOR THE HARE, *LEPUS EUROPAEUS* PALLAS

Some data on the evolution of the most common criteria in hares are determined using cage-reared animals.

1. *In live animals*, body weight may serve as a first criterion during the rapid growth phase up to 3 to 4 months.

— ponderal growth of young hares born at the beginning of the reproductive season is better than that of those born later.

— the growth of breeding hares slows down sooner than that of wild hares.

After the rapid growth phase, hares may be separated into four categories based on *ossification of the humerus and ulna*. The proximal epiphysis groove of the humerus begins to close at about 5 months and stops closing at about 7 months.

The thickening of the epiphysis of the distal part of the *ulna* begins to disappear at seven months and is no longer visible after 9 1/2 months.

2. *In dead animals*, special distinction is made for the young hares, in which a study of *milk teeth* shows that the small postero-median incisor of the upper jaw falls at about day 11 or 12.

Ponderal weight growth of the eye lens is first of a linear type up to 1/2 months; afterwards it follows a logarithmic curve.

3. *Conclusion*. It is possible to rather exactly determine the age of captured or killed animals using these criteria, of which the most sure one is eye lens weight.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSEN J., 1958. Some studies on Hare populations. *Danish Rev. Game Biol.*, **3** 3, 70-71.
ANDERSEN J., JENSEN B., 1972. The weight of the eye lens in the European Hares of known age. *Acta Theriol.*, **17**, (8), 87-92.

- BROEKHUIZEN S., 1971. Age determination and age composition of Hare populations. *Union Intern. Biol. du Gibier, X^e Congrès, Paris* 1971.
- BUJALSKA G., CABON-RACZYNSKA K., RACZYNSKI J., 1965. Studies on the European Hare. VI. Comparison of different criteria of age. *Acta Theriol.*, **10** (1), 1-10.
- CABON-RACZYNSKA K., 1964. Studies on the European Hare. II. Variations in the weight and dimensions of the body and weight of certain internal organs. *Acta Theriol.*, **9** (16), 233-248.
- FRAGUGLIONE D., 1957. Die Milchzähne des Feldhasen. *Z. Jagdwissenschaft.*, **3**, 141-145.
- FRAGUGLIONE D., 1962. Nouvelle contribution à l'étude de la denture lactéale du Levraut commun, *Lepus europeus*. *Saugetierk. Mitt.*, **10** (3), 101-103.
- HEDIGER H., 1948. Die Zucht des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) in Gefangenschaft. *Physiol. Comp. Oecologia*, **1**, 46-62.
- KEITH L. B., MESLOW E. C., RONGSTAD O. S., 1968. Techniques for Snowshoe Hare population studies. *J. Wildl. Mgmt.*, **32** (4), 801-812.
- LECHLEITNER R. R., 1959. Sex ratio, age classes and reproduction of the Blacktailed Jack Rabbit. *J. Mammal.*, **40** (1), 63-81.
- LORD R. D., Jr., 1959. The lens as an indicator of age in Cottontail Rabbits. *J. Wildl. Mgmt.*, **23** (3), 358-360.
- MEUNIER M., SOLARI A., 1972. Influence de la photopériode et de la qualité de la luzerne consommée sur le poids du cristallin, la longueur et le poids du corps du Campagnol des champs. *Mammalia* (sous presse).
- MONTGOMERY G. G., 1963. Freezing, decomposition lens weight. *J. Wildl. Mgmt.*, **27** (3), 481-483.
- PELTON M. R., 1970. Effects of freezing on weights of Cottontail lenses. *J. Wildl. Mgmt.*, **34** (1), 205-207.
- PETRUSEWICZ K., 1970. Dynamics and production of the Hare population in Poland. *Acta Theriol.*, **15** (24-31), 413-443.
- PIELOWSKI Z., 1971. Studies on the European Hare. XXV : The individual growth curve of the Hare. *Acta Theriol.*, **16** (5), 79-88.
- PILARSKA J., 1969. Individual growth curve and food consumption by European Hare (*Lepus europaeus* PALLAS 1778) in laboratory conditions. *Bull. Pol. Ac. Sci. Biol.*, Warszawa, **17** (5), 299-305.
- PUGET A., 1969. Influence de différents facteurs sur la croissance pondérale du Lièvre d'Europe élevé en captivité. *Bull. Mus. d'Hist. Nat.* **41** (4), 990-994.
- RONGSTAD O. J., 1966. A Cottontail Rabbit lens-growth curve from southern Wisconsin. *J. Wildl. Mgmt.*, **30** (1) : 114-121.
- STROH G., 1931. Zwei sichere Altersmerkmale beim Hasen. *Berliner Tier. Woch.*, **47** (12), 180-181.
- WALHOVD H., 1966. Reliability of age criteria for Danish Hares. *Danish Rev. Game Biol.*, **4** (3) 105-128.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

LA SPÉCIFICITÉ
DES MICRO-ORGANISMES ENTOMOPATHOGÈNES
ET SON RÔLE EN LUTTE BIOLOGIQUE

B. HURPIN

*Station de Recherches de Lutte biologique, I. N. R. A.,
La Minière,
78000 Versailles*

Un des attributs de la lutte biologique est la mise en œuvre de moyens dits « spécifiques » capables de limiter les populations du ravageur en cause sans provoquer de perturbations importantes parmi les autres éléments de la biocénose où se produit l'intervention. Pour l'utilisation des germes en lutte microbiologique cet aspect constitue donc un des principaux critères de sélection de tel ou tel type de micro-organisme, les autres propriétés fondamentales étant la virulence de l'agent pathogène, ses facultés de conservation dans le milieu et de résistance aux divers facteurs antagonistes ainsi que la possibilité d'une production en masse dans des conditions économiquement satisfaisantes.

Il n'est donc pas surprenant qu'une foule de travaux ait été consacrée à l'étude des hôtes susceptibles d'être infectés par de nombreux micro-organismes entomopathogènes, afin d'apprécier les potentialités de ceux-ci en fonction de différents points de vue : comportement chez les Vertébrés homéothermes et poïkilothermes ; sauvegarde des insectes utiles (abeilles et autres pollinisateurs, insectes entomophages prédateurs ou parasites, ver à soie dans certains pays) ; inventaire des ravageurs sensibles ; mise en évidence d'hôtes secondaires facilitant le maintien ou la dispersion de la maladie ; recherche d'un hôte de remplacement permettant une multiplication plus aisée ou plus rentable, répercussions éventuelles sur la végétation.

Les problèmes concernant les relations avec les Vertébrés sont traités ailleurs, quant à l'influence sur les plantes des microbes issus des cadavres d'insectes ou dispersés lors d'un traitement microbiologique, il n'y a jusqu'à présent aucune observation ou expérimentation indiquant une adaptation à une espèce végétale de virus ou de champignons entomopathogènes, pour citer les deux catégories de germes dont les représentants en phytopathologie et en entomopathologie ont le plus d'affinités. Nous prendrons donc en considération, dans cet exposé, l'étendue de la spécificité dans les relations entre les divers types de micro-organismes et les insectes (ou acariens), les données relatives à d'autres invertébrés (mollusques, lombriciens, crustacés notamment) étant très restreintes. Nous mentionnerons toutefois les essais sur huîtres, crevettes et mollusques effectués pour vérifier l'innocuité du virus nucléaire des *Heliothis* (IGNOFFO, 1968) et l'expérimentation sur le rôle des vers de terre à l'égard de *Beauveria tenella* entreprise dans le cadre des recherches en cours en France sur ce champignon.

Les relations entre les insectes et les micro-organismes peuvent être de différentes natures : commensalisme, symbiose, parasitisme. C'est ce dernier cas qui est pris en considération ici. D'autre part, l'étude des rapports entre un micro-organisme et les insectes correspond, en général, à la détermination de sa « spécificité ». Littéralement, celle-ci concerne les affinités d'un microbe pour diverses espèces d'insectes ; un germe spécifique est alors celui qui se développe seulement dans une espèce de l'hôte. En fait, cette notion est fréquemment étudiée à des niveaux systématiques tels que le genre, la famille ou plus élevés encore, de sorte qu'il s'agit le plus souvent de l'examen des possibilités de transmission d'une maladie d'une espèce à tous les hôtes susceptibles d'être infectés. Cette « spécificité » peut aussi se rapporter au comportement du microbe en fonction des organes, des tissus ou des catégories cellulaires d'un hôte. En principe ce sont les mêmes tissus ou organes qui sont affectés chez des hôtes différents, mais il peut en être autrement. Ainsi la microsporidie, *Nosema* sp. isolée de larves de *Anopheles quadrimaculatus* chez lesquelles elle infecte de nombreux organes (cerveau, ganglions nerveux, tissu adipeux, muscles, tube digestif, tubes de Malpighi) a été transmise par contamination de l'eau à d'autres moustiques chez lesquels la localisation est différente : tissu adipeux, intestin et tubes de Malpighi chez *Culex quinquefasciatus* ; les mêmes organes plus les muscles chez *Culex salivarius* ; alors que ce sont le cerveau et le système nerveux qui sont parasités chez *Aedes aegypti* (HAZARD et LOFGREN, 1971).

Le développement des cultures de tissus ou d'organes d'invertébrés a suscité des essais d'utilisation de ces techniques pour contrôler la spécificité de certains virus. IGNOFFO *et al.* (1971) ont effectué 7 passages successifs du virus nucléaire des *Heliothis* sur une lignée de cellules d'ovaires d'*Heliothis zea* et enregistré une augmentation considérable, de l'ordre de 100 millions de fois, du rendement en polyèdres entre le premier et le septième passage.

Cependant, les résultats fournis par cette technique ne doivent pas faire l'objet de généralisations hâtives car dans ces conditions les phénomènes ne sont pas les mêmes qu'en présence d'un organisme pourvu de ses divers moyens de défense. Un tissu qui permet la multiplication d'un virus, ou d'un autre germe, en cultures cellulaires peut être indemne lorsqu'il fait partie intégrante du corps de l'hôte.

De nombreux exemples de ce phénomène pourraient être cités. Nous nous limiterons à deux. Celui de la granulose de *Pieris brassicae* que VAGO et BERGOIN (1963) ont multiplié en cultures cellulaires de *Lymantria dispar* alors que cette chenille n'est pas sensible à cette virose et celui de la denosnucléose, connue jusqu'à présent seulement chez *Galleria mellonella*, dont VAGO et LUCIANI (1965) ont obtenu le développement sur explants tissulaires de *Bombyx mori*.

C'est là un exemple des multiples difficultés rencontrées dans l'évaluation de la spécificité d'un germe entomopathogène.

I. — PROBLÈMES ET CONDITIONS DES ÉTUDES DE SPÉCIFICITÉ

D'une façon générale pour définir avec sûreté la gamme d'hôtes sensibles à un micro-organisme donné il y a lieu de tenir compte, dans l'appréciation des résultats, des facteurs qui interviennent dans le déclenchement et le développement d'une maladie. Ces facteurs consistent à la fois en propriétés inhérentes au germe, en caractères propres aux espèces ou aux populations d'insectes et en caractéristiques du milieu.

A. — Éléments liés à l'agent pathogène

Une des précautions essentielles à prendre est de s'assurer de la pureté et de l'identité de l'inoculum utilisé. Divers exemples montrent que des confusions peuvent involontairement se produire. A partir d'une larve de *Anopheles stephensi* atteinte d'une microsporidiose à *Pleistophora* sp., HAZARD et LOFGREN (1971) ont tenté l'infection de larves de *Anopheles quadrimaculatus*. Or, c'est un *nozémo* qui s'est déclarée dans cette espèce ainsi que chez les autres mous-

tiques étudiés! L'identité du pathogène est parfois délicate à établir: HEIMPEL et ADAMS (1966), ont décelé l'existence de deux types de polyèdres nucléaires dans les chenilles de *Trichoplusia ni*, l'un est constitué par de grosses inclusions renfermant des paquets de particules virales, l'autre par des polyèdres plus petits contenant un seul virus. TOMPKINS *et al.* (1969) ont transmis par contamination du milieu d'élevage les polyèdres à virus multiples à *Heliothis zea* et SPLITTSTOESSER et MCEWEN (1971) à *Ceramica picta* (Phalaenidae), mais ces auteurs n'ont obtenu aucune infection de ces deux Lépidoptères à partir des petits polyèdres à virus unique isolés de *Trichoplusia ni*. Il est probable que ces deux types de polyèdres correspondent à deux souches du même virus dont les affinités sont différentes.

Cette notion de souche, classique chez les bactéries et les champignons, ne doit donc pas être négligée pour les virus, ainsi qu'en témoignent les récents travaux de SHAPIRO et IGNOFFO (1970) sur la polyédrie nucléaire de *Heliothis zea*: selon l'origine des 34 isolats comparés au cours de leur expérimentation la DL_{50} varie de 56 fois (de 0,7 à 39,0 inclusions par mm^2 de milieu artificiel). En outre, la virulence d'un de ces isolats a été accrue de près de 80 p. 100 après 5 passages successifs sur *Heliothis* alors que pour d'autres leur activité est demeurée inchangée malgré de nombreux passages. Des observations analogues ont été faites par WOODWARD et CHAPMAN (1968) à propos de l'augmentation de virulence du virus iridescent des moustiques par passage chez *Aedes taeniorhynchus*, mais une souche de ce virus s'est montrée stable en dépit de 30 passages.

La quantité de germes est également un facteur dont on doit tenir compte. Effectuées avec des doses trop faibles les expériences de transmission donneront des résultats négatifs alors qu'un inoculum plus important aurait mis en évidence la sensibilité de l'espèce considérée. En général, en effet, les cas de maladies sont fonction des doses de pathogènes. Les études en laboratoire de FERRON (1967), et VEEN (1968) ont mis en évidence une relation linéaire entre le logarithme du nombre de spores des champignons imparfaits, *Beauveria tenella* d'une part, *Metarrhizium anisopliae* d'autre part, et l'importance de la mortalité exprimée en échelle probit respectivement des larves de *Melolontha melolontha* et de *Schistocerca gregaria*. La dose influe également sur les délais de mortalité. Les essais en champ de FERRON ont confirmé ces résultats. Les nombreux exemples d'expérimentations ou d'applications dans la nature de virus rapportés par STAIRS (1971) font tous état de l'action de la quantité de corps d'inclusion sur l'activité des préparations.

Des faits analogues sont enregistrés avec les protozoaires, MILNER (1972) a, ainsi, précisé la DL_{50} de *Nosema whitei* chez *Tribolium castaneum*. Quant aux bactéries, quel que soit leur mode d'action par septicémie tel *Bacillus popilliae* ou par intoxication tel *Bacillus thuringiensis*, leur efficacité est en rapport avec la concentration en éléments pathogènes: spores pour la première, cristaux pour la seconde.

L'analyse de DUTKY (1963) des essais d'infection de *Popillia japonica* par l'agent de la maladie laiteuse opérés par plusieurs expérimentateurs fait apparaître une relation linéaire entre le logarithme du nombre de spores injectées et la racine carrée du pourcentage de vers blancs malades. Par ingestion libre le nombre de larves atteintes est d'autant plus élevé et le délai d'autant plus court que la quantité de spores est plus grande.

Cependant, il y a pour certains germes une dose optimum au-delà de laquelle on enregistre des mortalités sans manifestations caractéristiques de la maladie étudiée. Il en est ainsi, par exemple, avec *Rickettsiella melolonthae* (HURPIN, 1971) ou *Nosema melolonthae* (KHARAZI-PAKDEL, 1968): l'ingestion de quantités trop élevées de rickettsies ou de microsporidies entraîne une mortalité de type bactérien.

B. — Facteurs dépendant de l'hôte

La sensibilité des insectes aux micro-organismes entomopathogènes varie, dans beaucoup de cas, selon l'âge des individus et aussi en fonction de l'âge de la population: état de la gradation d'où proviennent ces individus s'il s'agit de populations naturelles, nombre de générations successives pour des espèces en élevage.

Ces conditions interviennent en particulier dans le développement des viroses. Maints exemples témoignent de la plus grande réceptivité des jeunes stades larvaires de Lépidoptères depuis les premières observations de TANADA (1956) sur *Pseudaletia unipuncta*. Des études quantitatives ont été faites à ce sujet par différents auteurs : STAIRS (1965) à propos de la polyédrie nucléaire de *Malacosoma disstria*, TANADA (1967) chez *P. unipuncta*, traité par une granuloïse ou/et une virose nucléaire, HUNTER et HALL (1968) avec la polyédrie nucléaire de *Spodoptera exigua*. Chez *M. disstria* la différence de sensibilité entre les L_1 et les L_4 est de l'ordre en moyenne de 70 000 fois mais peut être beaucoup plus élevée pour certains individus. Ce facteur est donc loin d'être négligeable, bien que les rapports varient selon les espèces : ALLEN et IGNOFFO indiquent que la DL_{50} du virus nucléaire des *Heliothis* est 250 fois plus élevée pour les larves de 8 jours que pour celles de 3 jours.

SMIRNOFF (1968) signale des faits analogues à la suite de ses essais d'adaptation à *Malacosoma disstria* et *M. americanum* de la microsporidie, *Thelohania pristiphorae*, originaire de la Tenthredine *Pristiphora erichsonii*. Ce protozoaire affecte facilement les chenilles du premier stade, il se développe très peu chez les larves du 2^e stade et pas du tout chez celles du 3^e stade.

Dans le cas des champignons, dont la contamination est tégumentaire, la mue est un épisode important pour la réussite de l'infection ainsi que FARGUES (1972) l'a noté chez le Doryphore. Le rejet de l'exuvie est susceptible d'entraîner l'élimination des spores avant la pénétration du cryptogame dans l'hémocœle de l'insecte.

Les travaux de VASILJEVIĆ (1961) sur la virose nucléaire de *Lymantria dispar* ont attiré l'attention sur le fait que les chenilles présentent un maximum de sensibilité au moment de la culmination de la gradation alors que la résistance à l'infection virale devient la plus forte l'année qui suit l'épizootie.

L'incidence des mycoses peut être sous la dépendance, comme pour les viroses, de l'origine de la population. BELL et HAMALLE (1971), par exemple, ont montré que les délais de mortalité par *Metarrhizium anisopliae* des larves de *Conoderus falli* (Coléopt. Elateridae) étaient, aux mêmes doses, significativement plus longs chez les insectes provenant de la nature que dans une population d'élevage. Mais chaque cas doit être considéré en particulier, puisque IGNOFFO et ALLEN (1972) au cours de contrôles systématiques en laboratoire de la possibilité de formation de lignées résistantes au virus chez *Heliothis zea* n'ont pas trouvé de différences de réceptivité entre des populations naturelles et des souches d'élevage. Les causes de cette variabilité de réactions sont multiples : germes et hôtes différents, conditions d'élevage qui ne sont pas les mêmes, etc. Il s'agit, en fait, d'un exemple relevant d'un problème très général relatif à la nature génétique et au comportement des animaux d'élevage par rapport aux populations de la nature. Certains aspects de ce problème ont été discutés en 1971 à l'occasion de l'Assemblée générale de l'O. I. L. B. (BOLLER, 1972 ; MACKAUER, 1972).

L'influence de l'état physiologique de l'hôte a été nettement mise en évidence par LAPPA (1959) en comparant les effets sur trois populations de *Malacosoma neustria* d'états sanitaires différents, de l'application de spores de *Beauveria bassiana* : la maladie cryptogamique affecte les insectes provenant d'une population saine ; si les larves sont déjà porteuses de bactéries ou de levures la mortalité est de nature septicémique par suite de la prolifération des germes dont l'insecte était affecté.

De tels phénomènes d'infection latente jouent un rôle primordial dans le cas des viroses, pour lesquelles ils représentent le problème majeur à résoudre dans l'interprétation des résultats des expériences de transmission d'un virus d'une espèce à une autre espèce.

On connaît, en effet, un grand nombre d'exemples de maladies virales qui se déclarent sans apport artificiel de virus et qui correspondent, sous l'influence de facteurs divers liés aux conditions de milieu, à l'alimentation, etc., dits facteurs « stress », à la manifestation aiguë d'une affection chronique inapparente. Lors des études de la spécificité d'un virus, la contamination artificielle d'un insecte par ce virus constitue souvent un excellent facteur « stress » et la virose

qui se déclare est due en fait au virus qui était jusque-là demeuré occulte. Dès 1951 BERGOLD a signalé la stimulation de la polyédrie nucléaire de *Choristoneura fumiferana* par la granulose de *C. murinana* et KRIEG (1957) a mis en évidence le déclenchement d'une virose nucléaire chez *Neodiprion sertifer* à la suite du traitement de cette Tenthrede par deux virus auxquels elle n'est pas sensible : polyèdres cytoplasmiques de *Dasychira pudibunda* et polyèdres nucléaires de *Aporia crataegi*. Certaines données des premiers travaux sur la spécificité des virus sont à revoir en ce sens, ainsi que le souligne SMITH (1967). La transmission à *Antherea pernyi* de la virose cytoplasmique de *Bombyx mori* signalée par ARUGA *et al.* (1961) relève vraisemblablement de ces processus d'activation d'une virose latente, car les polyèdres ont des formes différentes chez les deux hôtes. La morphologie distincte, confirmée par des réactions sérologiques différentes, des virus nucléaires de *Aglais urticae* et de *Lymantria* (= *Porthetria*) *dispar* trouvées dans les chenilles mortes de virose à la suite de l'ingestion du virus de l'autre espèce permettent à LONGWORTH et CUNNINGHAM (1968) d'affirmer que dans les deux cas il y a eu activation d'une virose latente et non pas transmission de germes.

Plus récemment LIPA *et al.* (1971) au cours de l'étude de la gamme d'hôtes sensibles à la virose cytoplasmique de *Agrotis pronuba* ont constaté que les larves de *A. segetum* et de *A. exclamationis* contaminées par ce virus meurent d'une polyédrie nucléaire qui ne peut être que d'origine dans la mesure où l'inoculum était pur.

Beaucoup d'autres exemples pourraient être cités. Le développement des techniques sérologiques appliquées à la pathologie des insectes permet de plus en plus de vérifier la réalité d'une infection interspécifique et de la distinguer des conséquences d'un « stress » lié à l'introduction d'un germe étranger. Ainsi, CUNNINGHAM (1968) a montré par la méthode de fixation du complément que les polyèdres nucléaires issus de plusieurs espèces de *Nymphalidae*: *Aglais urticae*, *Nymphalis io*, *Pyrameis atalanta*, *Polygonia C-album*, morphologiquement semblables, renferment des particules virales identiques au point de vue sérologique. De même, les viroses nucléaires de *Porthetria dispar* et de *P. obfusca* sont identiques d'aspect et de comportement sérologique, mais ils sont différents, d'après ces deux critères, des virus affectant les Nymphalides ainsi que du virus de *Euproctis chrysorrhea*.

Si ces phénomènes de latence sont surtout fréquents pour les viroses, il faut néanmoins y penser également pour d'autres maladies, car ils représentent un aspect de processus plus généraux se rapportant aux prédispositions et enchaînements de maladies, dont VAGO (1957, 1963) a fait une analyse méthodique. Une première infection peut faciliter ou au contraire inhiber le développement d'un germe introduit simultanément ou ultérieurement. Ainsi, WEISER (1957) a montré que les chenilles de *Euproctis chrysorrhea* sont susceptibles d'être infectées par *Nosema lymantriae* seulement si elles sont déjà atteintes par la protozoonose à *Thelohania similis*. De multiples exemples figurent dans la littérature, ils concernent le plus souvent les interrelations entre viroses, ou entre ces maladies et des bactérioses ou nosémoses, aboutissant à des complexes de maladies, mais il y a également des observations d'antagonismes entre affections tels *Bacillus lentimorbus* et *Bacillus popilliae* (BEARD, 1946).

Au cours de nos recherches sur *Rickettsiella melolonthae* (HURPIN et ROBERT, 1970) nous avons constaté des faits de cet ordre : cette rickettsie provoque la rickettsiose typique chez divers autres *Melolonthidae* mais chez les *Cetoniidae* et les *Dynastidae* elle détermine une mortalité de nature bactérienne.

Divers autres facteurs (conditions et nature de l'alimentation, caractéristiques du milieu) peuvent avoir des répercussions sur la physiologie de l'hôte et par conséquent sur sa sensibilité à un pathogène. Dans le cas des champignons l'intégrité et la qualité du tégument jouent un rôle primordial. Maintes expériences effectuées sur des insectes dont le tégument a été usé ou lésé ont abouti à l'infection des insectes en cause par des espèces peu pathogènes, telles que des *Aspergillus* sp. ou des *Mucor* sp., qui ont pu pénétrer dans l'animal et l'infecter grâce à la moindre résistance ou à la faille artificiellement provoquées de la barrière tégumentaire.

C. — Influence des conditions de milieu

Le déclenchement de la maladie et la réussite de l'infection dépendent de divers facteurs du milieu, dont le plus important et le mieux étudié est la température, mais dans certains cas l'humidité ne doit pas être négligée.

Le développement et la virulence des divers types de germes sont, en effet, liés à la réalisation d'une température compatible avec leurs exigences spécifiques en ce domaine. Les bactéries du groupe *Bacillus popilliae* ne se multiplient et ne sporulent convenablement qu'à partir de 16 à 18°C avec une limite supérieure aux environs de 35°. La plupart des champignons entomopathogènes ont un optimum thermique, qui se situe selon les germes ou espèces entre 20 et 30°C (MÜLLER-KÖGLER, 1965). Il est d'environ 25-27° pour *Metarrhizium anisopliae* et de 20-23°C pour *Beauveria tenella*.

Pour diverses Entomophthorales (*E. exitialis*, *E. dipterigena*, *E. thaxteriana*, *E. aphidis*) GUSTAFSSON (1965) indique un optimum de croissance entre 18 et 24°C, les températures de l'ordre de 30 à 36° étant létales. D'autre part la sporulation, importante chez ces cryptogames qui contaminent les insectes par projection de conidies, est influencée par la température, ainsi que THOIZON (1970) l'a montré chez *E. thaxteriana*. Comme le souligne BAILEY (1971) dans l'interprétation de la variabilité selon les auteurs de la gamme d'hôtes de ces champignons observée dans la nature on doit tenir compte de facteurs micro-écologiques telles la température et l'humidité, qui affectent différemment l'infection des diverses espèces.

Les viroses sont elles aussi sensibles à la température. TANADA et CHANG (1968) rapportent les résultats de divers auteurs ayant étudié des granuloses ou des viroses nucléaires. Ces maladies ne se développent pas chez *Pieris rapae* à 36°, chez *Diprion hercyniae* à 29,5°, *Trichoplusia ni* et *Heliothis zea* à 39° et *Bombyx mori* à 39°. Ils font état du même phénomène à propos de la virose cytoplasmique de *Colias eurytheme* élevé à 35°.

Un exemple caractéristique est donné par TANADA et TANABE (1965) : à 25° l'injection de *Tipula iridescent virus* à des larves de *Galleria* provoque la virose, au-dessus de 30° la maladie n'évolue pas.

La température intervient à la fois sur la physiologie et par conséquent la réceptivité de l'hôte, et sur la virulence du pathogène. Il est souvent difficile de délimiter son influence sur chacun de ces deux éléments. A l'occasion d'essais comparatifs de plusieurs types de micro-organismes pathogènes pour les larves de *Melolontha melolontha* nous avons montré (HURPIN et ROBERT, 1968) que l'action de la température sur l'agent de la maladie était à considérer en premier lieu.

Les données sur le rôle de l'hygrométrie sont beaucoup plus nombreuses et sûres. Ce sont les maladies cryptogamiques qui sont censées être les plus exigeantes dans ce domaine. Toutefois, comme FERRON (1967) l'a démontré, certains milieux tel le sol ont, en règle générale, un taux d'humidité permettant le développement des mycoses, bien que les conidies de *Beauveria* ne germent que si l'humidité relative est très élevée ; d'autre part, de multiples exemples de succès d'infections fongiques dans des conditions d'humidité non saturante, voire défavorables *a priori* (DUNN et MECHALAS, 1963) peuvent être cités (cf. FERRON, 1972). En fait, ce qui compte c'est l'hygrométrie au niveau de la cuticule des insectes, que nous ne savons pas encore mesurer. Dans le cas des virus les données sont contradictoires : plusieurs auteurs mentionnés par TANADA (1963) rapportent une influence des fortes humidités sur des épizooties virales alors que pour d'autres insectes ce facteur ne paraît pas avoir d'influence.

D. — Modalités de contamination

Le mode de contamination auquel a recours l'expérimentateur peut se traduire par des résultats différents pour un même couple hôte-pathogène. Une injection intrahémocœlienne n'a pas la même signification pour une microsporidie, dont c'est une des voies normales de pénétration

dans l'insecte par l'intermédiaire de la tarière de parasites ou par transmission transovarienne, et pour un champignon dont un des principaux critères de pathogénie est la possession d'un équipement enzymatique lui permettant de franchir la barrière tégumentaire. Pour les *Fungi imperfecti* comme pour les Entomophthorales, la contamination s'effectuant par le tégument, les données d'expériences d'infection par inoculation n'ont guère d'intérêt.

Tous les autres types de germes infectent l'animal après absorption orale ; c'est donc par ingestion libre ou forcée qu'il convient de mettre à l'épreuve les micro-organismes dont on désire déterminer la spécificité. Cependant, des injections intracœlomiques peuvent être utiles pour examiner, au préalable ou parallèlement, l'affinité des tissus à l'égard du germe étranger. Mais pour la délimitation du spectre d'hôtes de ce germe et les applications en lutte microbiologique, seuls les résultats des essais par ingestion sont à prendre en considération.

Les différences entre injection et ingestion peuvent être d'ordre qualitatif et liées au mode d'action ou d'ordre quantitatif et fonction de la quantité d'éléments pathogènes utilisés. Comme exemple du premier cas nous citerons, outre les mycoses déjà mentionnées, *B. thuringiensis* qui tue les larves de Lépidoptères et Tenthredines sensibles par intoxication provoquée par les toxines libérées à partir du cristal par certaines enzymes du tube digestif. L'injection de cristaux non lysés n'a pas d'effets morbides ni mortels et les spores inoculées dans l'hémocœle sont à l'origine d'une septicémie qui n'intervient généralement pas dans les causes de mortalité naturelle.

Le second cas se rapporte aux quantités de germes nécessaires, d'une part par injection, d'autre part par ingestion, pour déclencher la maladie. Il y a lieu de s'assurer que les résultats négatifs enregistrés par contamination orale ne sont pas simplement dus à un inoculum trop faible et ne procèdent pas d'une inaptitude fondamentale à traverser la paroi intestinale. Le nombre minimum de microbes varie, en effet, considérablement selon le mode de contamination : chez *M. melolontha* nous avons trouvé pour *B. popilliae* « *melolontha* » une DM_{50} (dose provoquant 50 p. 100 de maladie) de 1 000 spores par injection intralymphale, alors qu'il en faut 5 millions par ingestion forcée. De même, dans le cas de *Vagoiavirus* (= *Entomopoxvirus*) *melolonthae* la dilution qui est de 10^{-12} par injection passe à 10^{-3} par ingestion.

A noter que chez certains protozoaires la voie de pénétration peut modifier la localisation tissulaire : lorsque *Nosema mesnili* est ingéré par les chenilles de *Pieris brassicae* le tube digestif et le tissu adipeux sont les sites de multiplication privilégiés, alors que cette microsporidie affecte essentiellement l'hypoderme, beaucoup moins le corps gras et laisse indemne l'intestin, quand elle est inoculée par *Apanteles glomeratus*. Ces différences de localisation avaient conduit PAILLOT à distinguer deux espèces : *N. mesnili* et *N. pieris* (WEISER, 1969).

Du fait du nombre et de la complexité des facteurs à considérer dans les essais sur la spécificité des germes entomopathogènes, il est recommandé d'opérer selon des normes aussi rigoureuses et reproductibles que possible tant au point de vue réalisation des conditions de milieu qu'en ce qui concerne la définition et la fidélité de l'état des hôtes et de la virulence du micro-organisme. Ces critères étant difficiles à appréhender, les résultats des expériences sur la spécificité sont essentiellement de nature qualitative et correspondent à une réponse par tout ou rien, parfois sujets à caution (activation d'une maladie latente préexistante, par exemple), avec des contradictions dans certains cas. Des données plus quantitatives permettant d'établir un classement dans la réceptivité de divers insectes à un pathogène ne seront envisageables qu'une fois les multiples contraintes mentionnées ci-dessus suffisamment connues et susceptibles d'être respectées, notamment quant à l'histoire de l'hôte et à celle du microbe. C'est grâce aux connaissances acquises sur le mode d'action de *B. thuringiensis*, et aux propriétés particulières à cette bactérie productrice de toxine plutôt qu'agent d'une maladie, que BURGERJON et BIACHE (1967) ont pu aborder cet aspect quantitatif à propos de la comparaison de différentes souches de *B. thuringiensis*.

II. — CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA SPÉCIFICITÉ DES PRINCIPAUX TYPES

A. — Maladies laiteuses des larves de Scarabeides

Depuis la découverte de *Bacillus popilliae* DUTKY provoquant la maladie laiteuse des larves de *Popillia japonica* et de *Bacillus lentimorbus* DUTKY, plusieurs autres espèces ou souches de ce type de bactéries ont été signalées chez des Scarabeides *Bacillus euloomarahae* chez *Heteronychus sanctaehelenae* (Dynastidae) et *Bacillus lentimorbus* var. *australis* chez *Sericesthis pruinosa* (Melolonthidae) par BEARD (1956) en Australie, un biotype pathogène pour *Costelytra zealandica* signalé par DUMBLETON (1945) en Nouvelle-Zélande et retrouvé récemment par FOWLER (1972) ; un autre chez *M. melolontha* (HURPIN, 1955) en France, dénommé *B. fribourgensis* par WILLE (1956) en Suisse. Ainsi que nous l'avons toujours présumé ces deux isolats sont semblables, comme le prouvent les tests sérologiques effectués par LÜTHY et KRYWIENCZYK (1972).

La liste des insectes sensibles à la bactérie isolée de *Popillia japonica*, dressée par DUTKY (1963), comprend une quinzaine d'espèces par contamination du sol et près de 50 par injection. Dans le premier cas il s'agit de larves de Rutelidae (*Anomala* notamment) et de Melolonthidae (*Phyllophaga* sp.), dans la deuxième liste on trouve un beaucoup plus grand nombre d'espèces des mêmes familles, en particulier parmi les *Phyllophaga* et il s'y ajoute des représentants d'autres familles de Scarabaeidae (*Sericidae*, *Cetoniidae*, *Dynastidae*). En fait, ces derniers ne semblent pas être atteints par la maladie dans les conditions naturelles de contamination.

Les autres agents de maladies laiteuses ont été moins étudiés. Nous avons montré (HURPIN, 1959) que les affinités de *B. popilliae* « *melolontha* » étaient différentes de celles de *B. popilliae* DUTKY : car celle-ci ne se développe dans les larves du Hanneton commun qu'après inoculation intracœlomique. Même par ce mode de contamination la souche européenne n'infecte pas les larves de *Cetonia aurata* ou des *Oryctes*, alors que la bactérie américaine se multiplie dans l'hémolymphe de ces insectes.

B. popilliae DUTKY a été rencontré dans la nature chez une dizaine d'espèces de Scarabeides. Certains de ces isolats constituent des souches dont l'activité est différente à l'égard de divers vers blancs. Ainsi, *Phyllophaga hirticula* et *P. rugosa* ne sont pas atteints par contamination du sol avec des spores provenant de larves de *P. japonica*, mais ils contractent la maladie si les spores ont été obtenues à partir de larves de *Phyllophaga*. De telles souches peuvent se constituer par passages sur un hôte : les spores de *B. popilliae* produites dans les larves de *Amphimallon majalis* sont plus virulentes pour celles-ci que pour *P. japonica*. Des adaptations de cet ordre interviennent dans la nature : des spores issues de *P. japonica* qui, à l'origine, avaient le même effet sur *A. majalis* et sur le hanneton japonais, appliquées dans un champ infesté seulement par *Amphimallon* après 6 ans, perdent leur pouvoir pathogène à l'égard de *Popillia* et font preuve d'une virulence accrue à l'égard d'*Amphimallon* (cf. FLEMING, 1968).

En dehors des Scarabeides il ne semble pas que les bactéries du groupe *B. popilliae* aient une action sur d'autres insectes ou invertébrés. L'injection de spores à des larves de *Musca domestica* ou de *Galleria* n'est suivie d'aucune multiplication.

B. — *Bacillus thuringiensis*

La gamme d'hôtes sensibles à cette bactérie est fonction de son mode d'action particulier. Elle dépend surtout des aptitudes des espèces considérées à libérer, après ingestion, les fractions toxiques à partir du cristal accompagnant la spore dans le sporange, ainsi que BURGERJON et MARTOURET l'ont rappelé (1963). En premier lieu intervient le pH du tube digestif antérieur et moyen qui doit être supérieur à 8,9. Les larves de certaines Noctuelles, cependant, ont un pH intestinal alcalin et sont peu sensibles, vraisemblablement parce qu'elles ne disposent pas des protéases

décelées dans le tube digestif antérieur de *Pieris brassicae* ou de *Bombyx mori* et adaptées à la lyse du cristal. Dans certains cas (*Anagasta kuehniella*, *Pyrausta nubilalis*) la présence des spores supplée à l'absence de ces protéases ou à un pH trop faible et permet l'activité de la toxine du cristal, selon des processus non élucidés.

On estime à plus de 150 les espèces de Lépidoptères susceptibles d'être atteintes par *B. thuringiensis*. Ce qui ne signifie pas qu'elles sont toutes justiciables d'un traitement dans la nature. En effet, le comportement des insectes joue un rôle important : des espèces, tel le Carpacse, ou d'autres Tordeuses, sont très difficiles à atteindre, car elles consomment trop peu de matière végétale contaminée avant de pénétrer dans le fruit ou dans la feuille pour risquer une mortalité suffisante.

Les divers isoléments de cette bactérie effectués à partir de différents Lépidoptères depuis une dizaine d'années ont abouti à de multiples souches qui sont répertoriées d'après leurs réactions en milieux de culture, leurs caractères biochimiques et sérologiques. On connaît maintenant 12 sérotypes dont les affinités avec les insectes sont variables d'un sérotype à l'autre, mais diverses souches d'un même sérotype peuvent également avoir une activité plus ou moins grande à l'égard d'un même insecte. Ainsi, BURGERJON et BACHE (1967), en conclusion d'un important et méthodique travail de comparaison de la mortalité et de la réduction de consommation provoquées par 7 souches appartenant à 5 sérotypes chez 24 Lépidoptères, indiquent que le classement d'une souche par rapport à l'autre, d'après ces deux critères, à l'égard d'une même espèce de chenille, est tout aussi variable entre souches d'un même sérotype (*Dendrolimus* et *Sotto* pour le sérotype 4 ; *Entomocidus* et *Subtoxicus* pour le sérotype 6) qu'entre souches de différents sérotypes. Il n'y a pas de relation entre le statut taxonomique d'un insecte et sa sensibilité à tel ou tel sérotype, de sorte que pour déterminer la meilleure souche pour combattre un ravageur d'importance économique il y a lieu de procéder à la comparaison du maximum de souches.

Les conditions de culture peuvent modifier les manifestations des potentialités de diverses souches, le rendement en éléments pathogènes (spores et cristaux) ne doit pas être négligé lorsque la comparaison porte sur des préparations destinées à être utilisées en lutte biologique. Aussi, on ne dispose actuellement que de données très générales sur les relations entre les sérotypes de *B. thuringiensis* et les espèces de Lépidoptères ; ces données montrent la complexité des phénomènes du fait du très grand nombre d'isolats susceptibles de constituer des souches ayant des activités différentes à l'égard de nombreuses espèces de Lépidoptères et par suite des multiples facteurs pouvant intervenir.

Un exemple de l'intérêt d'entreprendre un tel « screening », en dépit de cette complexité et de l'importance du dispositif expérimental qui en est la conséquence, est la sélection par DULMAGE (1970) d'une souche dite HD 1 appartenant au sérotype 3 a qui s'est avérée dans les essais de l'auteur, récemment confirmés par BURGERJON, douée d'un pouvoir pathogène à l'égard de *Trichoplusia ni* environ 16 fois plus élevé que celui de l'étalon E 61 de l'Institut Pasteur de Paris. Par contre, *Pieris brassicae* n'est que 5 fois plus sensible à cette souche par rapport à l'étalon international. Un autre élément, dont il faut tenir compte pour la définition de la gamme des espèces susceptibles d'être combattues par *B. thuringiensis*, est la production ou non par les diverses souches d'une quantité appréciable de toxine thermostable. On connaît maintenant 5 sérotypes (1, 4, 8, 9 et 10) élaborant ce nucléotide dissous dans le surnageant du milieu de culture et qui résiste à 120° pendant 20 minutes. Cette toxine, à la différence de celle du cristal, agit non seulement sur des Lépidoptères mais aussi sur des Coléoptères, des Diptères, des Hyménoptères et Orthoptères en déterminant une mortalité différée souvent jusqu'à la prochaine mue ou lors de la métamorphose. En outre, à doses sublétales elle provoque des altérations tératologiques chez divers insectes : Lépidoptères, mouche domestique, doryphore transmises à la descendance dans certains cas (BURGERJON, 1973) ; elle peut aussi avoir des répercussions sur la fécondité. Contrairement à la toxine du cristal, la toxine thermostable a les mêmes effets mortels ou tératogènes quel que soit le sérotype, les différences étant seulement d'ordre quantitatif : les souches du sérotype 8 en produisent beaucoup moins que celles du sérotype 1. Mais il existe dans un même

sérotype, tel le n° 1 « Berliner », des souches qui n'émettent pas de toxine thermostable et qui ont, par suite, un spectre d'hôtes potentiels très différent des souches de Berliner, qui élaborent à la fois le cristal et la toxine soluble (de BARJAC, BURGERJON, BONNEFOI, 1966).

C. — Polyédries nucléaires

C'est le groupe de micro-organismes qui a fait l'objet du plus grand nombre d'essais sur la spécificité depuis les premières observations de BOLLE en 1889 ; IGNOFFO (1968) a récapitulé la somme des données acquises jusqu'en 1967. Les expérimentations ultérieures ne font que confirmer ce qui apparaît du tableau dressé par IGNOFFO c'est-à-dire la très grande variabilité des spectres d'hôtes d'un virus à l'autre. Le virus de *Bombyx mori* a pu être adapté par GERSHENSON (1964) à 5 familles de Lépidoptères (*Bombycidae*, *Papilionidae*, *Nymphalidae*, *Lymantriidae* et *Geometridae*), celui de *Antheraea pernyi* à 6 familles (*Attacidae*, *Nymphalidae*, *Sphingidae*, *Noctuidae*, *Arctiidae*, *Cossidae*) alors que des espèces appartenant à 11 autres familles ne sont pas réceptives (*Bombycidae*, *Papilionidae*, *Pieridae*, *Notodontidae*, *Lymantriidae*, *Hylophilidae*, *Geometridae*, *Heterogeneidae*, *Hyponomeutidae*, *Glyphopterigidae*, *Cymatophoridae*). Une gamme d'hôtes aussi ouverte paraît, toutefois, exceptionnelle pour ce type de virus et certains résultats correspondent peut-être à l'activation de virus occultes. Souvent, en effet, ce sont des Lépidoptères appartenant à la même famille que l'insecte d'origine qui se révèlent sensibles : divers *Nymphalidae* dans le cas de la polyédrie de *Vanessa urticae* (SMITH, 1967), des *Geometridae* dans le cas de la virose de *Erannis tiliaria* que SMIRNOFF (1962) a transmise à *Alsophila pomataria* et à *Phigalia titea*, alors que des chenilles d'autres familles n'ont pas contracté la maladie (*Malacosoma disstria*, *Choristoneura fumiferana*, *Anagasta kuehniella*, *Galleria mellonella*, *Archips cerasivoranus*, etc.). Il en est de même pour le virus de *Heliothis zea* qui est pathogène pour plusieurs autres représentants du même genre : *H. virescens*, *H. peltigera*, *H. oblectus*, *H. armigera*, *H. paradoxa*, *H. subflexa*, *H. phloxiphaga* (ALLEN, 1967 ; IGNOFFO, 1968) mais qui n'infecte pas d'autres Noctuelles telles que *Trichoplusia ni* ou *Spodoptera exigua*. Les polyèdres à inclusions multiples de *Trichoplusia ni* se développent chez les *Heliothis* (TOMPKINS *et al.*, 1969) et aussi chez une chenille d'une famille voisine des *Noctuidae* : *Plutella xylostella* (VAIL *et al.*, 1972) mais ne causent aucune maladie détectable chez d'autres Noctuelles, telles que *Pseudoplusia includens*, *Rachiplusia* ou, *Anagrapha biloba*, même à fortes doses (DON CANERDAY, 1968). Pour d'autres virus nucléaires la gamme d'hôtes semble limitée aux espèces d'un même genre : les *Colias* par exemple (STEINHAUS, 1953) ou bien les *Malacosoma* (STAIRS, 1964). Certains seraient spécifiques : SMIRNOFF (1966) n'a pas réussi à transmettre la polyédrie de *Pandemis lamprosana* à 11 espèces de chenilles : autres Tortricides des genres *Archips* et *Choristoneura* ou représentants de différentes familles. D'après les essais de SMITH et XEROS (1953) la virose de *Pyrameis cardui* n'affecte ni d'autres Nymphalides ni des Lépidoptères comme *Arctia caja* ou *Sphinx ligustri*, ce qui la différencie nettement de la polyédrie de *Vanessa urticae*.

Ce dernier exemple témoigne de l'hétérogénéité des réponses et de la complexité d'une analyse satisfaisante des phénomènes, d'autant plus que les auteurs sont obligés de limiter leurs investigations à quelques espèces d'insectes, de sorte que le plus souvent le sujet n'a pu qu'être abordé et que la liste des Lépidoptères sensibles ou non ne peut de ce fait avoir aucune intention d'exhaustivité.

Dans l'ensemble, on peut considérer actuellement, avec IGNOFFO (1968), que les viroses nucléaires sont assez spécifiques et que leurs hôtes appartiennent au même genre ou au plus à la même famille.

D. — Polyédries cytoplasmiques

Comme le fait ressortir le tableau 6 de la mise au point de IGNOFFO (1968) ce type de virose apparaît beaucoup plus polyvalent que les polyédries nucléaires. Il est fréquemment susceptible d'être transmis à des représentants d'autres familles que celle de l'hôte d'origine, ainsi qu'en

témoigne l'expérimentation au Canada de NELSON (1964) souvent citée : par contamination du feuillage par une suspension de virus cytoplasmique de *Vanessa* (= *Pyrameis*) *cardui* provenant d'Angleterre, la maladie s'est déclarée chez 11 espèces de Lépidoptères telles que *Operophtera brumata*, *Erannis tiliaria*, *Alsophila pometaria* (Geometridae), *Malacosoma americanum* (Lasiocampidae), *Pachysphinx modesta* (Sphingidae), *Bombyx mori* (Bombycidae), alors que 7 espèces de Tortricides, de Lymantrides et deux Tentrèdes n'ont pas été affectées. L'auteur rapporte en outre que des infections croisées ou de retour à l'hôte initial ont été réussies, même si le virus a subi au moins 5 passages successifs chez une autre espèce, de sorte qu'il est peu vraisemblable qu'on ait affaire à l'induction de viroses latentes. De multiples exemples de facultés d'adaptation des polyèdres cytoplasmiques sont rappelés par IGNOFFO (1968). Elles peuvent s'étendre à d'autres ordres que les Lépidoptères, si l'on se réfère aux résultats de SMITH (1967) à propos de la virose de *Vanessa io* transmise à deux Neuroptères *Hemerobius stigma* et *Chrysopa perla*. Mais ce cas paraît unique jusqu'à présent et il est surtout fait mention d'infection croisées soit parmi certaines espèces d'une même famille comme LIPA *et al.* (1971) l'indiquent pour quelques Noctuelles, soit parmi des chenilles de familles différentes comme TANADA (1971) l'a montré avec la virose de la Piéride *Colias eurytheme* qui infecte *per os* d'autres ravageurs de la luzerne : *Autographa californica*, *Pseudaletia unipuncta* et *Trichoplusia ni* (Noctuidae) sans perdre sa virulence pour *Colias*.

Les techniques sérologiques permettent d'aborder l'étude physiologique de la variabilité de ces affinités selon le type de virus et de proposer de premières explications. D'après CUNNINGHAM (1968) les polyèdres nucléaires de 4 Nymphalides d'une part, de 2 Lymantrides d'autre part sont morphologiquement et sérologiquement identiques lorsqu'ils proviennent d'insectes de la même famille mais différent d'une famille à l'autre. Par contre, les virus extraits de polyèdres cytoplasmiques de *Aglais urticae*, *Nymphalis io*, *Vanessa cardui* (Nymphalidae), *Arctia caja* (Arctiidae), *Phalera bucephala* (Notodontidae), *Lymantria dispar* et *Euproctis chrysorrhoea* sont analogues d'après leurs réactions de fixation du complément, et les dimensions des particules virales sont du même ordre bien que la taille des polyèdres dépendent de l'hôte. Il reste à établir si on est en présence d'un même virus ou de variétés de ce virus (CUNNINGHAM et LONGWORTH, 1968).

E. — Granuloses

Ces viroses sont plus spécifiques que les précédentes : sur 52 essais de transmission répertoriés par IGNOFFO en 1968, 6 seulement donnèrent des résultats positifs. Il s'agit alors d'espèces du même genre : *Pieris* sp., *Laspeyresia pomonella* et *L. molesta*, mais on n'est pas sûr qu'il ne se produise pas des phénomènes de rupture de latence plutôt qu'une adaptation du virus introduit. Il est permis de supposer que les données de TANADA (1971) indiquant une transmission par voie orale de la granulose de *Autographa californica* à *Trichoplusia ni*, *Pseudaletia unipuncta* et *Spodoptera exigua* relèvent probablement de manifestations d'activation de viroses latentes. En effet, les tentatives de transmission de granuloses effectuées récemment n'ont pas abouti. Ainsi, ASAYAMA et OSAKI (1970) n'ont pas obtenu le passage *per os* de la granulose de *Plutella xylostella* à diverses chenilles : *Bombyx mori*, *Pieris rapae*, *Plusia nigrisigma*, *Mamestra illobo*, *Agrotis fucosa* et *Prodenia litura*. Il en a été de même pour *Ephesthia elutella*, *Cadra cautella* et *Cadra figulella* élevées dans du son contaminé par la granulose de *Plodia interpunctella*, bien que tous ces insectes soient des *Phycitidae* (HUNTER, 1970). Si une granulose de *Cadra cautella* s'est avérée capable de se développer chez les larves de *Plodia interpunctella*, les capsules formées dans ce nouvel hôte prennent une forme anormale et certaines renferment jusqu'à 18 virus (HUNTER et HOFFMANN, 1970) ce qui témoigne des difficultés de l'adaptation. Toutefois, après passages chez *Plodia* la granulose conserve toute sa pathogénie pour les larves de *Cadra*.

Dans l'état actuel des connaissances on est donc amené à attribuer une spécificité assez stricte aux granuloses.

F. — *Viroses à Entomopoxvirus*

Ce nouveau groupe de virus d'insectes, voisin de l'agent de la variole, dont le prototype est *Entomopoxvirus* (= *Vagoiavirus*) *melolonthae* découvert chez *M. melolontha* (VAGO, 1963) comporte maintenant 17 ou 18 espèces pathogènes pour des Coléoptères *Scarabaeidae*, des Lépidoptères, des Diptères et un Orthoptère. Les travaux portent essentiellement jusqu'à présent sur la description et l'histopathologie de ces virus. La variété constatée dans leur structure, dans leurs manifestations pathologiques (formation ou non d'inclusions rhomboédriques, notamment) et les quelques cas de transmission étudiés incitent à attribuer une grande spécificité à ces virus. Ainsi, WEISER et VAGO (1966) n'ont pas obtenu le passage chez *Lymantria dispar*, *Hyphantria cunea* ou *Euproctis chrysorrhoea* de la virose à fuseaux de la Cheimatobie, *O. brumata*; l'entomopoxvirus isolé du Lucanide, *Figulus sublaevis*, par VAGO *et al.* (1968) a pu seulement être multiplié sur le ver blanc d'origine et n'infecte ni les larves de *M. melolontha* ni celles de *Dorcus parallelipipedus*; il en a été de même pour *Entomopoxvirus phylloperthae* (VAGO *et al.*, 1969) que nous avons découvert chez *Phyllopertha horticola* et dont nous n'avons pu obtenir une souche par injection à *M. melolontha*. Quant au virus de ce dernier, il s'est révélé, par injection et par ingestion libre, pathogène uniquement pour les larves de *Hopliidae*, *Melolonthidae* et *Rutelidae* dont le régime est phytophage. Même par inoculation intralymphale de doses élevées les larves de Scarabéides saproxylophages : *Oryctes*, Cétoines, Lucanes, ne sont pas sensibles à la maladie; divers Lépidoptères se sont montré également non réceptifs (HURPIN et ROBERT, 1967).

G. — *Viroses à virus non inclus*

Nous considérerons ici la paralysie de l'abeille, les divers cas de viroses irisantes ainsi nommés à cause de la couleur iridescente, bleue ou verte le plus souvent, que prend le tissu adipeux des insectes atteints, et la densonucléose de *Galleria*.

Comme le rappelle IGNOFFO (1968), le virus de l'abeille peut infecter expérimentalement au moins 5 espèces de *Bombyx* mais il n'affecte pas *Vespula* sp. ni des Lépidoptères tels que *Galleria mellonella* ou *Achroia grisella*. Tous les virus « irisants » font preuve d'une large plasticité ainsi que SMITH *et al.* (1961) l'ont démontré pour le virus de *Tipula paludosa*. Celui-ci s'est avéré capable de se multiplier après injection dans 12 Lépidoptères, 7 Diptères et 3 Coléoptères, tandis que les Orthoptères étudiés et un *Culex* n'ont pas contracté la maladie. Le virus irisant du Scarabéide, *Sericesthis pruinosa* est pathogène pour *Galleria mellonella* et pour *Aedes aegypti*. Quant au virus de *Chilo suppressalis* il apparaît aussi polyvalent que le *Tipula* iridescent virus puisqu'il a été reconnu infectant pour des insectes aussi divers que des cicadelles, *Nephotettix cineticeps* (MITSEGASHI, 1967) et *Colladonus montanus* (JENSEN *et al.*, 1972), *Galleria mellonella* et *Anthrenus grandis* (Mc LAUGHLIN *et al.*, 1972), 13 espèces de moustiques (FUKUDA, 1971).

Trois nouveaux virus de ce groupe ont été récemment décrits : chez un Diptère prédateur de moustiques en Louisiane, *Corethrella brakeleyi* (CHAPMAN *et al.*, 1972) et chez *Costelytra zealandica* (Coléopt., *Scarabaeidae*) et *Wiseana cervinata* (Lep. *Hepialidae*) en Nouvelle-Zélande (KALMAKOFF *et al.*, 1972). Les études sur leur spécificité ont été abordées, soit par infections croisées pour le premier qui n'est pas transmissible à divers moustiques mais l'est à une autre espèce de *Corethrella*, soit par la sérologie pour les deux autres.

En revanche, la densonucléose de *Galleria mellonella* paraît inféodée à cette chenille seulement. Chez un hôte inhabituel, telle la larve de *M. melolontha*, ce virus nucléaire se conserve pendant un mois, mais son inactivation commence après la première semaine sous l'action d'un principe antagoniste, à déterminer (ODIER, 1971).

On observe donc une grande diversité dans la spécificité des virus non inclus de la même façon que pour les virus à inclusions.

H. — *Rickettsioses*

On connaît maintenant une dizaine de *Rickettsiella* ou d'*Enterella* pathogènes pour des Coléoptères, des Diptères, des Orthoptères. Les études sur la spécificité concernent surtout *Rickettsiella melolonthae* et *R. grylli*.

Dans le cas de *R. melolonthae*, de même que pour la virose à fuseaux de ce Coléoptère, les réactions sont différentes selon la place systématique des *Scarabaeidae* étudiés et le régime alimentaire de leurs larves (HURPIN, 1971). Les *Melolonthidae*, *Hopliidae*, *Rutelidae* dont les larves sont phytophages peuvent être infectées expérimentalement par la rickettsiose du Hanneton commun, alors que chez les *Oryctes* ou les Cétoines on observe une mortalité de nature septicémique sans multiplication des rickettsies aussi bien après inoculation que par contamination orale. Dans le cas des Lépidoptères et de Coléoptères autres que les Scarabéides les réponses sont plus hétérogènes. Le plus souvent ce sont des phénomènes de toxémie qui se manifestent mais chez certains insectes (*Doryphore*, Ver à soie, Teigne des ruches) il y a prolifération des rickettsies tandis que chez *Pieris brassicae* et *Mamestra brassicae* les processus toxiques sont accompagnés de la survie de ces germes, qui se révèlent lorsqu'on procède à l'injection à des vers blancs d'un prélèvement d'hémolymphes et de tissu adipeux de chenilles traitées.

NIKLAS (1963) a trouvé dans la nature des larves de *Amphimallon solstitialis*, *Phyllopertha horticola* atteintes de rickettsiose à *R. melolonthae* mais aussi des *Anomala dubia aenea* et *Ontophagus* sp. Il est donc possible que des Scarabéides coprophages soient infectés.

Des recherches en ce domaine ont également été réalisées pour *Rickettsiella grylli*. Isolée de diverses espèces de *Gryllus* (VAGO et MARTOJA, 1963) cette rickettsie a été transmise par MARTOJA (1966) à 7 autres genres de *Grylloidea*, de *Tettigonoidea* et *Acridoidea*, avec des taux d'infection et des durées de survie des insectes variables selon l'espèce, l'âge et les conditions d'élevage. Les larves du Hanneton sont sensibles à cette rickettsiose par injection et par ingestion forcée, et on peut la multiplier facilement par inoculation de chenilles de *Galleria* (MEYNADIER, 1964). Toutes ces données témoignent des facultés d'adaptation chez les insectes de ce type de microorganismes, mais pour la plupart d'entre eux les investigations sur cet aspect des relations hôtes pathogènes n'ont été qu'à peine abordées : pour *Rickettsiella schistocercae*, par exemple, VAGO et MEYNADIER (1965) signalent simplement la réussite d'infections expérimentales chez *Locusta migratoria* et des Grillons.

I. — *Mycoses*

Les maladies d'origine cryptogamique des insectes sont principalement dues à trois types de champignons : les *Coelomomyces*, les Entomophthorales et les *Fungi imperfecti* dont les spectres des hôtes sont très variables d'un groupe à l'autre et en fonction des espèces fongiques dans un groupe donné.

— Chez les *Coelomomyces*, pathogènes de moustiques et quelques autres insectes aquatiques, les informations en ce domaine sont basées sur l'observation des infections constatées dans la nature. Suivant la classification de COUCH et UMPHLETT (1963) on distingue :

— des *Coelomomyces* à plusieurs hôtes, tels *C. indiana* isolé de 15 espèces d'*Anopheles*. 1 espèce de *Culex* et 1 de *Aedomyia*, ou *C. stegomyiae* trouvé chez 4 *Aedes* et chez *Armigeres obtrubans*, qui sont deux espèces homogènes quel que soit l'hôte ;

— des *Coelomomyces* qui présentent des variétés distinctes pour une même espèce selon le moustique infecté tel *C. quadrangulatus*, dont la souche provenant de *Anopheles punctipennis* ou *A. crucians* diffère de celle isolée chez *A. quadrimaculatus*, ou encore *C. psorophorae* qui comporte autant de variétés que d'espèces de moustiques-hôte ;

— des *Coelomomyces* à un seul hôte connu, tel *C. dodgei* qui n'attaque que *Anopheles crucians*, ou *C. pentagulatus* inféodé à *Culex erraticus*.

Mais ces champignons sont encore peu étudiés et des expérimentations d'infections croisées modifieront vraisemblablement ce tableau.

— *Les Entomophthorales* se rencontrent chez plus de 20 familles d'insectes appartenant à 7 ordres : Orthoptères, Homoptères, Hémiptères, Coléoptères, Lépidoptères, Diptères et Hyménoptères. L'une d'elles, *Entomophthora coronata*, se développe en outre chez des Vertébrés et même aux dépens d'Orchidées. Beaucoup d'espèces ont été signalées chez divers arthropodes d'ordres variés : ainsi *E. fresenii* a été identifié chez des Acariens, des Cochenilles et des Aphides ; *E. apiculata* a un spectre d'hôtes répartis parmi les Coléoptères, Diptères, Lépidoptères, Cochenilles, Pucerons, Psocoptères ; *E. sphaerosperma* est pathogène pour des Coléoptères, Diptères, Lépidoptères, Hyménoptères, Thysanoptères et Homoptères (cf. THOIZON, 1970). D'autres Entomophthorales paraissent adaptées à un ordre ou un groupe d'insectes : *E. thaxteriana* et *E. aphidis* ont pour seuls hôtes connus diverses espèces de Pucerons ; *E. virescens* est trouvé chez différents Lépidoptères. On ne signale pas d'espèces ne parasitant qu'un seul hôte.

— *Les Fungi imperfecti*. Ces Hyphomycètes ont une gamme d'hôtes dont l'étendue est extrêmement variable d'une espèce à l'autre. VEEN (1968) a recensé au moins 204 insectes sensibles à *Metarrhizium anisopliae* répartis dans 7 ordres : Orthoptères, Dermaptères, Hémiptères, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères, Coléoptères et appartenant à 43 familles, dont plus de la moitié sont des Coléoptères. *Beauveria bassiana*, d'après les listes établies par GÖSSWALD (1938), CHARLES (1941) et LIPA (1963) citées par FARGUES (1972) a été signalé chez plus de 400 insectes de tous ordres. On peut s'interroger sur la validité de certaines des identifications, sur le caractère véritablement pathogène du champignon, compte tenu des affinités saprophytaires des *Fungi imperfecti*, ou sur la valeur d'essais d'infection opérés par injection. Il n'en reste pas moins que ces deux cryptogames ont un spectre considérable, alors que l'espèce très voisine *Beauveria tenella* est inféodée à *M. melolontha* et n'a été rencontrée dans les conditions naturelles que sur un nombre très réduit d'hôtes, dont les larves de la pyrale tropicale *Hypsipyla robusta* (KANDSAMY, 1969). En laboratoire BERRIOS et HIDALGO-SALVATIERRA (1971) ont obtenu l'infection de l'espèce voisine *H. grandella* et FERRON (commun. orale) d'insectes aussi divers que *Amphimallon majalis*, *Acanthoscelides obtectus* ou *Plutella maculipennis*. Ce champignon a donc des potentialités en matière de spectre d'hôtes, qui pour des raisons à déterminer ne se manifestent pas dans la nature.

L'inventaire des hôtes des autres Hyphomycètes utilisables en lutte biologique, *Spicaria rileyi* et *Paecilomyces fumoso-roseus* n'a pas été réalisé. Ce dernier a été trouvé chez des insectes de plusieurs ordres : Coléoptères, Lépidoptères, notamment.

Une espèce aussi ubiquiste que *Metarrhizium anisopliae* comporte, en fait, de multiples souches dont certaines se différencient par la taille des spores : on distingue la forme *major* et la forme *minor* d'après les dimensions des conidies. La comparaison du pouvoir pathogène de 8 souches de ce champignon à l'égard de 9 Scarabéides nous a conduit à mettre en évidence une adaptation à l'hôte d'origine, de sorte que la plupart des insectes étudiés se sont montrés sensibles à la seule souche provenant de la même espèce (FERRON *et al.*, 1972).

Il est probable que chez *Beauveria bassiana* des phénomènes analogues doivent se produire et que la grande diversité des hôtes des *Fungi imperfecti* est compensée par des relations privilégiées entre certaines souches et certaines espèces d'insectes. Dans ces relations les parentés systématiques ne suffisent pas, à en juger par les différences de réceptivité de deux Cétoïnes à *Metarrhizium* ; alors que *Cetonia aurata* est très sensible à ce champignon, *Potosia cuprea* ou *Oxythyrea funesta* ne le sont pas.

J. — Protozoonoses

En pathologie des insectes et pour la lutte microbiologique les microsporidies constituent le groupe de protozoaires de beaucoup le plus important, mais il ne faut pas négliger les coccidies ni les grégarines.

— *Les grégarines* peuvent infecter plusieurs hôtes soit naturellement, soit expérimentalement (WEISER, 1963). Dans les conditions naturelles, c'est souvent la contamination du milieu qui

assure la dispersion du parasite chez les divers insectes qui y vivent. Dans la farine, par exemple, *Mattesia dispora* et *Farinocystis tribolii* ont respectivement comme hôte principal *Tribolium castaneum* et *Anagasta kuehniella* mais ils peuvent se développer également dans d'autres *Tribolium* pour la première et dans d'autres Lépidoptères des denrées (*Ephesia elutella*, *Plodia interpunctella*) pour la seconde.

— Les *coccidies* sont, elles aussi, le plus souvent non spécifiques et se trouvent dans des insectes fréquentant le même milieu contaminé par les spores issues des cadavres : *Adelina tribolii* est pathogène pour *Tribolium confusum* mais aussi *T. castaneum*, *Tenebrio molitor*, *Trogoderma* sp. Les affinités entre les hôtes sont parfois d'ordre systématique : *Adelina sericisthis* isolé du Scarabéide *Sericesthis pruinosa* est transmissible à *Melolontha hippocastani* et à *Aphodius howetti*.

— Les *microsporidies*, protozoaires entomopathogènes de beaucoup les plus nombreux, témoignent d'une grande variabilité quant à leur gamme d'espèces d'insectes sensibles. Fréquemment une *Nosema*, une *Thelohania* ou une *Glugea* est inféodée à une seule espèce d'insecte : la liste dressée par THOMSON (1960) en fournit de multiples exemples. Certaines microsporidies sont susceptibles de parasiter plusieurs hôtes voisins soit par leur écologie, tel *Nosema polyvora* qui infecte diverses Pierides et aussi leur parasite *Apanteles glomeratus* ou encore *Nosema stegomyiae* trouvé chez différents moustiques et *Thelohania fibrata* signalé chez 5 espèces de Simulies, soit par leur taxonomie, tels *Nosema heliothidis* pathogène pour plusieurs *Heliothis* ou *Nosema bombi* rencontré chez les Abeilles et les Bourdons. Les espèces polyvalentes, adaptées à plusieurs ordres, sont les moins fréquentes ; *Nosema apis*, parasite des Abeilles, des Bourdons, des Guêpes mais aussi de Lépidoptères variés et de Diptères, en est un exemple.

Ces données découlent essentiellement d'observations d'infections naturelles. Expérimentalement des essais de transmission ont mis en évidence dans certains cas l'existence de relations systématiques ou écologiques entre les hôtes d'une même microsporidie : ainsi, KRAMER a passé *Nosema kingi* isolé de *Drosophila willistoni* à différents autres Muscides, alors que *Bombyx mori*, *Galleria mellonella*, *Pseudaletia unipuncta*, *Tribolium confusum* sont réfractaires (KRAMER, 1964). HENRY (1971) a eu des résultats positifs avec *Nosema cuneatum* chez 6 espèces de *Melanoplus* et *Schistocerca americana* mais le Grillon n'est pas réceptif. Cependant ce n'est pas une règle générale, car SMIRNOFF (1968) a multiplié par ingestion chez *Malacosoma disstria* et *M. americanum*, *Thelohania pristiphorae* provenant de la Tenthrede *Pristiphora erichsonii*, sans perte de virulence pour celle-ci après six passages sur les Lépidoptères. De même, une *Thelohania* de *Hyalophora cecropia* infecte les chenilles de *Trichoplusia ni* qui consomment du feuillage contaminé, et demeure infectante pour l'hôte d'origine après passage chez la Noctuelle (SPLITTSTOESSER et Mc EWEN, 1968).

Ajoutons que chez les protozoaires, grégaires ou microsporidies, la spécificité se traduit non seulement par les possibilités d'infection et les taux de mortalité mais aussi par les différences significatives dans les délais d'évolution de la maladie selon les hôtes : *Thelonia hyphantriae*, par exemple, provoque une mortalité deux fois plus rapide chez *Malacosoma neustria* que chez *Euprocitis chrysorrhea* (WEISER, 1969).

Il semble donc que la sélectivité des protozoaires soit, en général, plus marquée que celle de la plupart des autres micro-organismes : ou bien ils sont vraiment spécifiques ou bien ils intéressent des insectes écologiquement ou systématiquement voisins.

III. — COMPORTEMENT DES ENTOMOPATHOGÈNES A L'ÉGARD DES INSECTES UTILES

Si on laisse de côté l'innocuité pour les Vertébrés, qui est traitée par ailleurs, en lutte biologique, un des aspects les plus importants de la spécificité d'un germe entomopathogène est son action sur les insectes utiles : pollinisateurs et entomophages. Les études en ce domaine ont porté

surtout sur l'Abeille. Plusieurs auteurs cités par BAILEY (1971) ont prouvé qu'aux doses normales d'emploi *B. thuringiensis* ne présentait pas de danger pour les Abeilles qu'il soit appliqué sur les fleurs ou incorporé à la cire des ruches en vue de la lutte contre les teignes. Cependant, lorsqu'une grande quantité de spores en mélange aux cristaux ou seules sont incorporées au sirop d'élevage on observe une mortalité, dont les processus n'ont pas été élucidés. La toxine thermostable a un effet létal sur les Abeilles au moins à des concentrations élevées, aux doses d'emploi éventuelles elle ne paraît pas être à redouter.

Tous les essais d'infection des abeilles par des virus ont donné des résultats négatifs, ainsi que le rappelle BAILEY (1963) qu'il s'agisse de la polyédrine nucléaire de *Trichoplusia ni* ou de *Heliothis zea*, de celle de *Galleria mellonella*, de la granulose de *Argyrotaenia velutiana*, de la virose irisante de *Tipula* ou de la denosnucléose de *Galleria*. KNOX (1970) n'a constaté aucune différence entre des colonies normales et des colonies traitées par addition au sirop alimentant les Abeilles d'une ruche de 10 milliards de corps d'inclusion de différents virus : granuloses de *Estigmene acrea* et *Carpocapsa pomonella* ; polyédres nucléaires de *Heliothis zea*, *Spodoptera frugiperda*, *Trichoplusia ni*, *Lymantria dispar*, *Hemerocampa pseudotsugata*, *Neodiprion sertifer*.

Il semble que certains champignons soient susceptibles d'être le plus néfaste aux Abeilles : bien qu'aucun cas n'ait été observé dans les conditions naturelles, TOUMANOFF (1931) a obtenu expérimentalement le développement de *Beauveria bassiana* sur Abeille domestique.

En ce qui concerne les entomophages, c'est également *B. bassiana* qui a été signalé à diverses reprises sur des Coccinelles telles que *Rodolia cardinalis*, *Coccinella septempunctata* et chez *Apanteles glomeratus* (cf. FARGUES, 1972). Une mortalité, parfois importante, due à ce champignon se produit dans les sites d'hibernation d'*Adonia 11 notata* et *Harmonia 4-punctata* (IPERTI, 1964).

Au contraire, SCHEPELTNIKOVA et FEDORINTCHIK (1964) ont montré que *B. thuringiensis* n'avait, dans les cultures de choux, aucune action sur les Trichogrammes et ISAKOVA (1964) a relevé l'innocuité de cette bactérie à l'égard de divers Hyménoptères parasites tels que *A. glomeratus*.

Nosema mesnili, pathogène pour les chenilles de Pierides, l'est aussi pour le Braconide *A. glomeratus* mais celui-ci concourt à la persistance et à la dispersion de la maladie dans les populations du ravageur en inoculant les spores de *Nosema* à des larves saines (WEISER, 1963).

SMIRNOFF (1971) a obtenu également l'infection des larves du Chalcidien *Dahlbominus fuscipennis* parasitant des nymphes de plusieurs espèces de *Neodiprion* atteintes de microsporidiose à *Thelohania pristiphorae*, mais les adultes sortent des cocons malades.

En fait il y a peu d'études sur l'effet direct de tel ou tel germe à l'égard des entomophages de l'insecte nuisible considéré, les données se rapportent plutôt soit aux répercussions indirectes que peuvent avoir sur les entomophages le développement de la maladie dans l'hôte et sa mort, soit au rôle disséminateur de micro-organismes que peuvent jouer des parasites ou des prédateurs, soit à la concurrence en tant que facteurs de régulation des populations entre entomophages et entomopathogènes. Ces aspects qui ne mettent pas en cause la spécificité de celui-ci ne seront pas discutés ici.

IV. — CONCLUSION

Ce long exposé ne nous a permis que de survoler les problèmes relatifs à la spécificité des micro-organismes entomopathogènes. En effet, les informations sont très disparates selon les germes et les auteurs, les données ne sont pas toujours comparables entre elles du fait de la variété de leurs origines (observations d'infections naturelles, expérimentations dans des conditions différentes), les processus en cause sont très complexes et variables selon les types de maladies, ainsi que nous nous sommes efforcé de le montrer. Si l'on considère les phénomènes globaux il apparaît que les mycoses sont les plus ubiquistes et affectent le plus large spectre d'hôtes, tandis

que les granuloses et quelques viroses sans inclusion semblent véritablement spécifiques. Par contre, les viroses iridescentes sont capables de s'adapter à des insectes de tous ordres.

Les polyédroses cytoplasmiques sont, dans l'ensemble, susceptibles d'atteindre un nombre d'espèces plus élevé que les polyédroses nucléaires alors que les protozoonoses font preuve d'une très grande variabilité : la plupart sont si étroitement inféodées à un hôte que WEISER (1963) prétend que la diagnose d'une microscoporie permet d'identifier l'insecte infecté, mais d'autres se rencontrent dans de nombreuses familles.

En fait, chaque cas particulier doit être examiné comme tel, quel que soit le micro-organisme étudié ; les pages précédentes en fournissent de multiples témoignages. Or les recherches concernant une maladie d'une espèce d'insecte en vue de son emploi en lutte microbiologique sont si variées : caractérisation de l'agent pathogène, étude de sa structure, définition de ses propriétés pathologiques et épidémiologiques, contrôle de ses facultés de conservation, multiplication en masse, mise au point de préparations, etc. que les essais sur la spécificité, aussi importants qu'ils soient, ne représentent qu'un aspect des travaux à réaliser. Aussi les informations restent encore incomplètes et fragmentaires, même pour des germes aussi étudiés que *B. popilliae* ou les virus de *Trichoplusia ni* ou des *Heliothis* du coton.

Si la délimitation du spectre d'hôtes d'un pathogène n'est réalisée que partiellement, les connaissances sur les mécanismes en cause et le déterminisme de la spécificité sont encore plus restreintes. Il est vrai qu'il s'agit d'un domaine d'investigations difficiles se rapportant à l'immunité chez les insectes et au mode d'action des différentes catégories de micro-organismes. Le cas particulier et relativement simple de *B. thuringiensis* est le mieux discerné, mais pour les autres, les phénomènes commencent seulement à être abordés.

Chez les champignons quelques travaux se préoccupent des équipements enzymatiques permettant au mycélium issu des spores de pénétrer à travers le tégument, d'autres sont consacrés à la recherche des toxines assurant l'inhibition des processus de réaction de l'hôte, qui sont essentiellement de nature cellulaire et procèdent par phagocytose ou/et formation de granulomes enrobant les hyphes (VEY, 1971).

Contre les bactéries et les virus des réactions cellulaires de type phagocytaire se produisent également et il a été démontré à maintes reprises que les réactions humorales ne s'effectuent pas selon les modalités antigènes-anticorps propres aux Vertébrés. Elles existent cependant (HEIMPEL et HARSHBARGER, 1965) mais sont de nature encore inconnue malgré l'intensification des recherches dans cette voie. LANDUREAU *et al.* (1972) ont constaté une origine hémocytaire de l'activité bactériolytique de l'hémolymph de *Periplaneta americana*. L'hypothèse du rôle du lysozyme formulée par certains ne paraît pas être à retenir (CHADWICK, 1970). D'après TAYLOR (1969) les substances antibactériennes seraient non protéiniques, non spécifiques et stables à la chaleur, ce qui fait penser à des quinones aromatiques et à un système polyphénol-phénoloxidase analogue à celui qui intervient dans les réactions de défense contre des invertébrés parasites.

Outre les facultés antagonistes des éléments figurés ou non de l'hémolymph, il faut tenir compte également des propriétés du tube digestif pour les germes à contamination orale : la membrane péritrophique joue un rôle non négligeable dans la réceptivité d'une espèce et ensuite les cellules de l'épithélium intestinal.

Dans le cas des protozoaires les causes d'immunité peuvent se situer au niveau des possibilités de germination de la spore dans le tube digestif, au niveau de l'affinité des tissus, ou au niveau de la destruction des stades infectants ou des premiers foyers cellulaires atteints par les réactions de l'hôte (WEISER, 1969).

Les lacunes de nos connaissances sur les mécanismes de l'immunité chez les insectes retiennent à la fois sur l'analyse et la compréhension des observations relatives à la spécificité plus ou moins stricte des micro-organismes et sur l'interprétation des données très variables d'un cas à l'autre, pour les viroses par exemple, concernant l'acquisition de résistance d'un hôte déterminé (cf. BURGESS, 1971).

Pour beaucoup d'agents pathogènes on constate une certaine relation entre l'appartenance

taxonomique des hôtes et leur sensibilité à la maladie. Cette relation est vraisemblablement en rapport avec une analogie physiologique, qui reste à préciser, dans les processus d'immunité entre les espèces d'une même famille, d'un même genre ou d'un même ordre.

La spécificité, dans le cas des virus notamment, est liée aux facultés d'adaptation qui peut parfois n'être obtenue qu'après des passages en série chez le nouvel hôte. Cette adaptation résulte des effets de la sélection naturelle exercée par le nouveau milieu en fonction de la diversité génétique de l'inoculum utilisé. Or le mécanisme de cette adaptation est encore à élucider, malgré les possibilités d'investigations offertes par les cultures de cellules ou de tissus.

Une autre relation entre espèces susceptibles d'être infectées par un même pathogène est d'ordre écologique et est la conséquence de la contamination du milieu par les cadavres ou les excreta des sujets atteints. Divers exemples ont été cités à propos des protozoaires des insectes des denrées, des microsporidies des moustiques ou des acariens, des bactéries du groupe *B. popilliae* chez les larves de Scarabéides ; des faits semblables sont observés avec des virus chez plusieurs Lépidoptères de la luzerne (TANADA, 1971). Cet aspect est important pour la conservation des germes naturellement présents ou artificiellement introduits dans les milieux considérés, la réduction, voire la disparition d'un hôte, étant compensées par le maintien dans une autre espèce d'insecte. D'autre part, la réceptivité au traitement microbiologique de différents ravageurs d'une culture rentabilise l'opération. Un autre avantage de l'absence de spécificité stricte de beaucoup de virus, par exemple, est la possibilité de les multiplier en vue de la lutte biologique sur un hôte de remplacement plus facile à élever que le ravageur visé : ainsi la virose nucléaire du ver du coton *Pectinophora gossypiella* est transmissible à divers Lépidoptères, parmi lesquels *Heliothis zea*, dont l'élevage est industrialisé (VAIL *et al.*, 1972) ; PONSEN multiplie sur *Mamestra brassicae* le virus de *Adoxophyes*.

En revanche, pour la préservation de la faune des milieux où s'effectue une intervention microbiologique, il y a intérêt à recourir à une préparation aussi spécifique que possible. La sélectivité des micro-organismes entomopathogènes étant très variable d'un germe à l'autre, on peut espérer concilier les deux impératifs par un choix judicieux. Mais celui-ci dépend d'autres facteurs (virulence, résistance, modalités de production) qui doivent être également favorables et dont l'étude doit être entreprise dans chaque cas. Il n'est donc pas surprenant que la mise au point de la lutte microbiologique nécessite de longues recherches et que jusqu'à présent quelques préparations seulement soient disponibles pour la pratique.

Reçu pour publication en janvier 1973.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN G. E., 1967. Evaluation of the *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus as a microbial insecticide. *U. S. Japan Seminar* (Fukuoka), 37-41.
- ALLEN G. E., IGNOFFO C. M., 1969. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* : quantitative *in vivo* estimates of virulence. *J. Invertebr. Pathol.*, **13**, 378-381.
- ARUGA H., HUKUHARA T., YOSHITAKE N., AYUDAYA I. N., 1961. Interference and latent infection in the cytoplasmic polyhedrosis of the silkworm, *Bombyx mori* (LINN.). *J. Invertebr. Pathol.*, **3**, 81-92.
- ASSAYAMA T., OSAKI N., 1970. A granulosis of the Diamond back moth, *Plutella xylostella*. *J. Invertebr. Pathol.*, **15**, 284-286.
- BAILEY L., 1971. The safety of pest-insect pathogens for beneficial insects. In : *Microbial control of insects and mites* (H. D. Burges, N. W. Hussey edit.). Academic Press, 491-505.
- BARJAC H. DE, BURGERJON A., BONNEFOI A., 1966. The production of heat-stable toxin by nine serotypes of *B. thuringiensis*. *J. Invertebr. Pathol.*, **8**, 537-538.
- BEARD R. L., 1946. Competition between two entomogenous bacteria. *Science*, **103**, 371-372.
- BEARD R. L., 1956. Two milky diseases of Australian Scarabaeidae. *Can. Ent.*, **88**, 640-647.

- BELL J. V., HAMALLE R. J., 1971. Comparative mortalities between field-collected and laboratory reared wireworm larvae. *J. Invertebr. Pathol.*, **18**, 150-151.
- BERGOLD G. H., 1951. The polyhedral disease of the spruce budworm. *Can. J. Zool.*, **29**, 17-23.
- BERRIOS F., HIDALGO-SALVATIERRA O., 1971. Estudios sobre el barrenador *Hydropsypha grandella* ZELLER. VIII. Susceptibilidad de la larva a los hongos *Beauveria bassiana* (BAL.) y *Beauveria tenella* (DEL.). *Turialba*, **21**, 451-454.
- BOLLER E., 1972. Behavioral aspects of mass rearing of insects. *Entomophaga*, **17**, 9-25.
- BURGERJON A., 1973. Effets physiologiques et mutagènes sur les insectes de la toxine thermostable de *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *Ann. Parasitol. comp.*, Paris (sous presse).
- BURGERJON A., BIACHE G., 1967. Contribution à l'étude du spectre d'activité de différentes souches de *Bacillus thuringiensis*. *Ent. exp. et appl.*, **10**, 211-230.
- BURGERJON A., MARTOURET D., 1963. Determination and significance of the host spectrum of *Bacillus thuringiensis*. In *Microbial control of insects and mites* (H. D. Burges, N. W. Hussey edit.). Academic Press., 305-325.
- BURGES H. D., 1971. Possibilities of pest resistance to microbial control agents. In : *Microbial control of insects and mites* (H. D. Burges, N. W. Hussey edit.). Academic Press, 445-457.
- CHAPMAN H. C., CLARK T. B., ANTHONY D. W., GLENN F. E. JR, 1972. An iridescent virus from larvae of *Corethrella brakeleyi* (Diptera, Chaoboridae) in Louisiana. *J. Invertebr. Pathol.*, **18**, 284-286.
- CHADWICK J. S., 1970. Relation of lysozyme concentration to acquired immunity against *Pseudomonas aeruginosa* in *Galleria mellonella*. *J. Invertebr. Pathol.*, **15**, 455-456.
- COUCH J. N., UMPHRETT C. J., 1963. *Coelomomyces* infections. In : *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus, edit.). Academic Press., vol. 2, 150-188.
- CUNNINGHAM J. C., 1968. Serological and morphological identification of some nuclear polyhedrosis and granulosis viruses. *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 132-141.
- CUNNINGHAM J. C., LONGWORTH J. F., 1968. The identification of some cytoplasmic-polyhedrosis viruses. *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 196-202.
- DON CANERDAY T., 1968. On cross infectivity of the cabbage looper nuclear polyhedrosis virus to some related *Plutiniæ* (Noctuidæ : *Lepidoptera*). *J. Invertebr. Pathol.*, **10**, 76-78.
- DULMAGE H. T., 1970. Insecticidal activity of H. D. 1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. *J. Invertebr. Pathol.*, **15**, 232-239.
- DUMBLETON L. J., 1945. Bacterial and nematode parasites of soil insects. *N. Z. J. Sci. Technol.* **27**, 76-81.
- DUNN P. H., MECHALAS B. T., 1967. The potential of *Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN as a microbial insecticide. *J. Insect Pathol.*, **5**, 451-459.
- DUTKY S. R., 1963. The milky diseases. In : *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus edit.). Academic Press, vol. 2, 75-115.
- FARGUES J., 1972. *Sensibilité à Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. (Fungi imperfecti, *Moniliales*) des larves de *Doryphore*, *Leptinotarsa decemlineata* SAY (Coléoptère, Chrysomelidae) soumises à des doses réduites d'insecticide chimique. Thèse Doct. 3^e cycle, 89 p., Paris.
- FARGUES J., 1972. Étude des conditions d'infection des larves de *Doryphore*, *Leptinotarsa decemlineata* SAY par *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. (Fungi imperfecti). *Entomophaga*, **17**, 319-337.
- FERRON P., 1967. Étude en laboratoire des conditions écologiques favorisant le développement de la mycose à *Beauveria tenella* du ver blanc. *Entomophaga*, **12**, 257-293.
- FERRON P., 1972. Méthodes de multiplication et d'application des préparations de *Beauveria* sp. (Fungi imperfecti) pour la lutte microbiologique contre les insectes. In « Microbial control of insects, Seminar 1971, Helsinki ». *Intern. Org. Biotechn. Bioengen.*, section 6, 32 p.
- FERRON P., HURPIN B., ROBERT P. H., 1972. Sur la spécificité de *Metarrhizium anisopliae* (METSCH.) SOROKIN. *Entomophaga*, **17**, 165-178.
- FLEMING W. E., 1968. Biological control of the Japanese Beetle. *Techn. Bull.* n° 1383 U. S. D. A., Washington, 78 p.
- FOWLER M., 1972. A new milky disease organism from New Zealand. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 409-410.
- FUKUDA T., 1971. Per os transmission of *Chilo* iridescent virus to mosquitoes. *J. Invertebr. Pathol.* **18**, 152-153.
- GERSHENSON S. M., 1964. Spécificité des virus d'insectes. *Entomophaga*, Mem. H. S., **2**, 361-372.
- GRISON P., 1964. Réflexions sur l'épizootologie. *Entomophaga*, Mem. H. S., **2**, 483-506.
- GUSTAFSSON M., 1965. On some species of the genus *Entomophthora* FRES. in Sweden. I. Classification and distribution. *Landbr'högsk. annlr.*, **31**, 103-212.
- HEIMPEL A. M., ADAMS J. R., 1966. A new nuclear polyhedrosis of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Invertebr. Pathol.*, **8**, 340-346.
- HEIMPEL A. M., HARSHBARGER J. C., 1965. Symposium on microbial insecticides. V. Immunity in insects. *Bacteriol. Rev.*, **20**, 397-403.
- HENRY J. E., 1971. *Nosema cuneatum* sp. n. (Microsporidia : Nosematidae) in grasshoppers (Orthoptera : Acrididae). *J. Invertebr. Pathol.*, **17**, 164-171.

- HUNTER D. K., 1970. Pathogenicity of a granulosis virus of the indian-meal moth. *J. Invertebr. Pathol.*, **16**, 339-341.
- HUNTER D. K., HALL I. M., 1968. Pathogenicity of a nuclear-polyhedrosis virus of the beet armyworm *Spodoptera exigua*. *J. Invertebr. Pathol.*, **12**, 83-85.
- HUNTER D. K., HOFFMANN D. F., 1972. Cross infection of a granulosis virus of *Cadra cautella* with observations on its ultrastructure in infected cells of *Plodia interpunctella*. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 4-10.
- HURPIN B., 1955. Sur une maladie laiteuse des larves de *Melolontha melolontha* L. (Coleopt. Scarabaeidae). *C. R. Soc. Biol.*, **149**, 1966-67.
- HURPIN B., 1959. Étude de diverses souches de maladie laiteuse sur les larves de *Melolontha melolontha* L. et sur celles de quelques espèces voisines. *Entomophaga*, **4**, 233-248.
- HURPIN B., 1971. Spécificité de *Rickettsiella melolonthae* et pathogénie pour des vertébrés. *Ann. Soc. ent., Fr. N. S.*, **7**, 439-469.
- HURPIN B., 1971. Principes de la lutte microbiologique en agriculture. *Ann. Parasitol. comp.*, **46**, 243-276.
- HURPIN B., ROBERT P. H., 1967. Sur la spécificité de *Vagovirus melolonthae*. *Entomophaga*, **12**, 175-180.
- HURPIN B., ROBERT P. H., 1968. Experiments on simultaneous infections of the common cockchafer, *Melolontha melolontha*. *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 203-213.
- IGNOFFO C. M., 1963. Specificity of insect viruses. *Bull. ent. Soc. Am.*, **14**, 265-276.
- IGNOFFO C. M., ALLEN G. E., 1972. Selection for resistance to a nucleopolyhedrosis virus in laboratory populations of the cotton bollworm, *Heliothis zea*. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 187-192.
- IGNOFFO C. M., SHAPIRO M., HINK W. F., 1971. Replication and serial passage of infectious *Heliothis* nucleopolyhedrosis virus in an established line of *Heliothis zea* cells. *J. Invertebr. Pathol.*, **18**, 131-134.
- IPERTI G., 1964. Les parasites des coccinelles aphidiphages dans les Alpes-Maritimes et les Basses-Alpes. *Entomophaga*, **9**, 153-180.
- ISAKOVA N. P., 1964. Expérimentation sur la virulence des bactéries sur les entomophages et quelques données sur la transmission de l'infection par ces parasites. *Symposium « Recherches sur les méthodes de lutte biologique contre les ravageurs agricoles et forestiers »*, Novossibirsk, 57-59 (en russe).
- JENSEN D. D., HUKUHARA T., TANADA Y., 1972. Lethality of *Chilo* iridescent virus to *Colladonus montanus* leafhoppers. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 276-278.
- KALMAKOFF J., MOORE S., POTTINGER R. P., 1972. An iridescent virus from the grass grub *Costelytra zealandica*: serological study. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 70-76.
- KANDASAMY D., 1969. *Hypsiptyla robusta* MOORE, a new host for *Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO. *J. Invertebr. Pathol.*, **13**, 149-150.
- KHARAZI-PAKDEL A., 1968. Recherches sur la pathogénie de *Nosema melolonthae*. *Entomophaga*, **13**, 289-318.
- KNOX A., 1970. Tests of certain insect viruses on colonies of honeybees. *J. Invertebr. Pathol.*, **16**, 152.
- KRAMER J. P., 1964. *Nosema kingi* sp. n. a microsporidian from *Drosophila willistoni* STURTEVANT and its infectivity for other muscoids. *J. Insect Pathol.*, **6**, 491-499.
- KRIEG A., 1957. « Toleranzphänomen » und Latenz problem. *Archiv. ges. Virusforsch.*, **7**, 212-219.
- LANDUREAU J.-C., GRELLET P., BERNIER I., 1972. Caractérisation, en culture *in vitro*, d'un rôle inconnu des hémocytes d'insectes. Sa signification physiologique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **274**, 2200-2203.
- LAPPA N. W., 1959. Influence du champignon *Beauveria bassiana* sur la pathogénèse des chenilles de *Malacosoma neustria* en présence d'un état latent d'infection. *Nauch. Trudy. Ukrain. Akad. Selsk. Nauk.*, **8**, 234-240 (en russe).
- LAZARD E. I., LOFGREN C. S., 1971. Tissue specificity and systematics of a *Nosema* in some species of *Aedes*, *Anopheles* and *Culex*. *J. Invertebr. Pathol.*, **18**, 16-24.
- LIPA J., ZIEMNICKA J., LIPA I., 1971. Infectivity of cytoplasmic polyhedrosis virus, *Smithiavirus agrotidis* LIPA to eight noctuid species (*Lepidoptera*, *Noctuidae*). *Prace Nauk IOR*, Poznan, **13**, 107-123.
- LONGWORTH J. F., CUNNINGHAM J. C., 1968. The activation of occult nuclear-polyhedrosis viruses by foreign nuclear polyedra. *J. Invertebr. Pathol.*, **10**, 361-367.
- LÜTHY P., KRYWIENCYK J., 1972. Serological comparison of three mi ky disease isolates. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 163-165.
- MACKAUER M., 1972. Genetic aspects of insect production. *Entomophaga*, **17**, 27-48.
- McLAUGHLIN R. E., SCOTT H. A., BELL M. R., 1972. Infection of the boll weevil by *Chilo* iridescent virus. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 285-290.
- MACLEOD D. M., 1963. Entomophthorales infections. In : *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus edit.). Academic Press, 189-231.
- MAFICJA R., 1966. Sur quelques aspects de la biologie des Orthoptères en relation avec la présence de concentrations microbiennes (Bactéries intestinales, Rickettsies). *Ann. Soc. ent., Fr. N. S.*, **2**, 753-940.

- MEYNADIER G., 1964. Les rickettsioses d'insectes. *Proceed. 12th Intern. Congress Ent.*, London, 714-715.
- MILNER R. J., 1972. *Nosema whitei*, a microsporidian pathogen of some species of *Tribolium*. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 248-255.
- MÜLLER-KÖGLER E., 1965. *Pilzkrankheiten bei Insekten. Anwendung zur biologischen Schädlingsbekämpfung und Grundlagen der Insekten Mycologie*. Paul Parey, Berlin et Hambourg, 444 p.
- NEILSON N. M., 1964. A cytoplasmic polyhedrosis virus pathogenic for a number of the Lepidopterous hosts. *J. Invertebr. Pathol.*, **6**, 41-52.
- NIKLAS O. F., 1963. Infektionen durch *Rickettsiella melolonthae* (KRIEG) bei Larven von *Amphimallon solstitiale* (LINNAEUS), *Anomala dubia aenea* (DE GEER), *A. (Phyllopertha) horticola* (LINNAEUS), *Maladera (Serica) brunnea* (LINNAEUS) und *Orthophagus* sp. *Beit. Ent.*, **13**, 395-401.
- ODIER F., 1971. Persistance du virus de la densonucléose chez le Coléoptère, *Melolontha melolontha* L. *Entomophaga*, **16**, 353-358.
- SCHPELTNIKOV V. A., FEDORINTCHIK N. S., 1964. Utilisation combinée des entomophages et des microorganismes en vue du remplacement ou de la limitation de l'emploi des traitements chimiques. *Entomophaga*, *Mém. H. S. n° 2*, 311-314.
- SHAPIRO M., IGNOFFO C. M., 1970. Nucleopolyhedrosis of *Heliothis*: activity of isolates from *Heliothis zea*. *J. Invertebr. Pathol.*, **16**, 107-11.
- SMIRNOFF W. A., 1966. A nucleopolyhedrosis of *Pandemis lamprosana* GROTE. *Can. J. Microbiol.*, **10**, 1076-1077.
- SMIRNOFF W. A., 1968. Adaptation of the microsporidian *Thelohania pristiphorae* to the Tent Caterpillars *Malacosoma disstria* and *Malacosoma americanum*. *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 321-325.
- SMIRNOFF W. A., 1971. Susceptibility of *Dahlbominus fuscipennis* (Chalcidoidea: Eulophidae) to the microsporidian *Thelohania pristiphorae*. *Can. Ent.*, **103**, 1165-1167.
- SMITH K. M., 1967. *Insect virology*. Academic Press., 256 p.
- SMITH K. M., HILLS G. J., RIVERS C. F., 1961. Studies on the cross-inoculation of the *Tipula* iridescent virus. *Virology*, **13**, 233-241.
- SMITH K. M., XEROS N., 1953. Studies on the cross-transmission of polyhedral viruses: experiments with a new virus from *Pyrausta cardui*, the painted lady butterfly. *Parasitology*, **43**, 178-185.
- SPLITTSTOESSER C. M., Mc EWEN F. L., 1968. A microsporidian, *Thelohania* sp., pathogenic for the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Invertebr. Pathol.*, **12**, 231-237.
- SPLITTSTOESSER C. M., Mc EWEN F. L., 1971. Field evaluations of nuclear polyhedrosis viruses from the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Invertebr. Pathol.*, **17**, 194-198.
- STAIRS G. R., 1964. Infection of *Malacosoma disstria* (HBN.) with nuclear polyhedrosis viruses from other species of *Malacosoma* (Lepidoptera, Lasiocampidae). *J. Insect Pathol.*, **6**, 164-169.
- STAIRS G. R., 1965. Quantitative differences in susceptibility to nuclear-polyhedrosis virus among larval instars of the forest Tent Caterpillar, *Malacosoma disstria* (HÜBNER). *J. Invertebr. Pathol.*, **7**, 427-429.
- STAIRS G. R., 1971. Use of viruses for microbial control of insects. In: *Microbial control of insects and mites* (H. D. Burges, N. W. Hussey, edit.). Academic Press, 97-124.
- STEINHAUS E. A., 1953. The susceptibility of two species of *Colias* to the same virus. *J. econ. Ent.*, **45**, 897-898.
- TANADA Y., 1956. Some factors affecting the susceptibility of the armyworm to virus infections. *J. econ. Ent.*, **49**, 52-57.
- TANADA Y., 1963. Epizootiology of infectious diseases. In: *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus, edit.). Academic Press., vol. 2, 423-475.
- TANADA Y., 1967. The role of viruses in the regulation of the population of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* (HAWORTH). *Proceed. U. S.-Japan Semin. Microbial Contr. Fukuoka*, 25-31.
- TANADA Y., 1971. Persistence of entomogenous viruses in the insect ecosystem. In: *Entomological Essays to commemorate the retirement of Prof K. Yasumatsu*. Hokuryunkan Publ. Co, Tokyo, 367-379.
- TANADA Y., CHANG G. Y., 1968. Resistance of the alfalfa caterpillar, *Colias eurytheme*, at high temperatures to a cytoplasmic-polyhedrosis virus and thermal inactivation point of the virus. *J. Invertebr. Pathol.*, **10**, 79-83.
- TANADA Y., TANABE A. M., 1965. Resistance of *Galleria mellonella* (LINNAEUS) to the *Tipula* iridescent virus. *J. Invertebr. Pathol.*, **7**, 184-188.
- TAYLOR R. L., 1969. A suggested role for the polyphenol-phenoloxidase system in invertebrate immunity. *J. Invertebr. Pathol.*, **14**, 427-428.
- THOIZON G., 1970. Spécificité du parasitisme des Aphides par les Entomophthorales. *Ann. Soc. ent. Fr. N. S.*, **6**, 517-562.
- THORNSON H. M., 1960. A list and brief description of the microsporidian infecting insects. *J. Insect Pathol.*, **2**, 346-385.
- TOMPKINS G. J., ADAMS J. R., HEIMPEL A. M., 1969. Cross infection studies with nuclear-polyhedrosis viruses from *Trichoplusia ni*. *J. Invertebr. Pathol.*, **14**, 343-357.

- TOUMANOFF C., 1931. Action des champignons entomophytes sur les abeilles. *Ann. Parasitol. comp.* Paris, **9**, 462-482.
- VAIL P. V., HUNTER D. K., JAY D. L., 1972. Nuclear polyhedrosis of the Diamond backmoth *Plutella xylostella*. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 216-217.
- VAIL P. V., JAY D. L., HUNTER D. K., STATEN R. T., 1972. A nuclear polyhedrosis virus infective to pink bollworm, *Pectinophora gossypiella*. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 124-128.
- VASILJEVIĆ L., 1961. Susceptibilité des chenilles de *Bombyx dispar* (*Lymantria dispar* L.) envers la polyhédrie dans les diverses phases de gradation de leur développement dans la nature. *Entomophaga*, **6**, 269-276.
- VAGO C., 1957. L'enchaînement des maladies chez les insectes. *Ann. Épyphyties*. n° hors serie, **10**, 1-181.
- VAGO C., 1963. A new type of insect virus. *J. Insect Pathol.*, **5**, 275-276.
- VAGO C., 1963. Predispositions and interrelations in insect diseases. In : *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus, edit.). Academic Press., 339-379.
- VAGO C., BERGOIN M., 1963. Développement des virus à corps d'inclusion du Lépidoptère *Lymantria dispar* en cultures cellulaires. *Entomophaga*, **8**, 253-261.
- VAGO C., LUCIANI J., 1965. Développement du virus de la maladie des noyaux denses de *Galleria mellonella* en culture de tissus de Lépidoptères. *Experientia*, **21**, 393-394.
- VAGO C., MARTOJA R., 1963. Une rickettsiose chez les *Gryllidae* (Orthoptera). *C. R. Acad. Sci.*, Paris **256**, 1045-1047.
- VAGO C., MEYNADIER G., 1965. Une rickettsiose chez le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* FÖRSK.), *Entomophaga*, **10**, 307-310.
- VAGO C., MONSARRAT P., DUTHOIT J.-L., AMARGIER A., MEYNADIER G., VAN WAEREBEKE D., 1968. Nouvelle virose à fuseaux observée chez un Lucanide (*Coleoptera*) de Madagascar. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **266**, 1621-1623.
- VAGO C., ROBERT P., AMARGIER A., DUTHOIT J.-L., 1969. Nouvelle virose à sphéroïdes et à fuseaux observée chez le coléoptère *Phyllopertha horticola* L. *Mikroskopie*, **25**, 378-386.
- VEEN K. H., 1968. Recherches sur la maladie due à *Metarrhizium anisopliae* (METSCH.) SOR. chez *Schistocerca gregaria* (FÖRSK.). *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*, **68** (5), 1-77.
- VEY A., 1971. Recherches sur la réaction hémodysaire anticryptogamique de type granulaire chez les insectes. Thèse, Univ. Paul Sabatier Toulouse, 250 p.
- WEISER J., 1957. Mikrosporidien des Schwammspinner und der Goldafter. *Z. angew. Ent.*, **40**, 509-525.
- WEISER J., 1963. Sporozoan infections. In : *Insect Pathology*. An advanced treatise (E. A. Steinhaus, edit.). Academic Press, vol. 2, 291-334.
- WEISER J., 1969. Immunity of insects to protozoa. In : *Immunity to parasitic animals* (G. J. Jackson, R. Hermon, I. Singer, edit.). Appleton Century Crafts, Meredith Corporation, New York, 129-147.
- WEISER J., VAGO C., 1965. A newly described virus of the winter moth, *Operophtera brumata* HÜBNER (*Lepidoptera*, *Geometridae*). *J. Invertebr. Pathol.*, **8**, 314-319.
- WILLE H., 1955. *Bacillus fribourgensis* n. sp., Erreger einer milky Disease in Engerling von *Melolontha melolontha* L. *Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, **29**, 271-282.
- WOODWARD D. B., CHAPMAN H. C., 1968. Laboratory studies with the mosquito iridescent virus (MIV). *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 296-301.

CHRONIQUE DES LIVRES

MENN (J. J.), BEROZA (M.) Éd. — INSECT JUVENILE HORMONES. CHEMISTRY AND ACTION. — Proceedings of a symposium held in Washington. Sept. 12-17, 1971 New York, Academic Press, 1972, 341 p.

L'endocrinologie des Insectes est un domaine de recherches très vaste et très prometteur. Depuis la mise en évidence par WIGGLESWORTH du rôle des facteurs hormonaux dans la croissance et la reproduction des insectes, les connaissances ont progressé rapidement ; dès 1956, WILLIAMS pouvait prédire l'intervention des hormones et de leurs analogues dans la lutte contre les Insectes, et la constitution de la « 3^e génération d'insecticides ».

L'ouvrage est le compte-rendu d'un Symposium (septembre 1971) sur les aspects divers d'une des 3 grandes classes d'hormones d'insectes, les hormones juvéniles.

La division, un peu arbitraire, en trois parties, se réfère aux aspects biologiques, biochimiques et chimiques de l'hormone juvénile et de ses analogues de synthèse. Les aspects biologiques sont variés et incluent aussi bien des essais insecticides en champs que des techniques de tests biologiques ou même des études de régulation au niveau moléculaire. Les aspects biochimiques se rapportent surtout au métabolisme hormonal, quant aux aspects chimiques, ce sont surtout les voies de synthèse de produits analogues qui ont retenu les chercheurs.

Cet ouvrage, très documenté, intéressera aussi bien les physiologistes que le praticien de la lutte contre les insectes nuisibles.

J.-L. R.

MALOY (G. M. O.) éd. — COMPARATIVE PHYSIOLOGY OF DESERT ANIMALS. — Symposia of the Zoological Society of London, n° 31 Londres, Academic Press, 1972, 413 p.

L'ouvrage recueille les comptes rendus d'un Symposium de la Société zoologique de Londres qui a eu lieu en juillet 1971.

Il passe en revue connaissances présentes concernant plusieurs phylums (mollusques, insectes, oiseaux, mammifères, etc.) qui vivent dans les déserts de quatre continents (Afrique, Asie, Amérique et Australie).

Il traite plus particulièrement de l'économie de l'eau, de la thermorégulation, de l'équilibre eau-sels minéraux. Environ 1 500 références complètent les 20 chapitres.

Chez les insectes, le criquet *Schistocerca gregaria* est étudié du point de vue des pertes en eau, du rôle de l'excrétion sur la régulation ionique et osmotique.

Le dernier chapitre constitue une mise au point des progrès récents en physiologie comparée.

Ce livre fait une large part aux techniques nouvelles (mesures respirométriques, enregistrements variés, microscopie électronique, etc.) destinées à évaluer l'adaptation de ces animaux dans les conditions naturelles ou expérimentales. Il peut servir aussi bien aux physiologistes qu'aux écologistes. Il permettra en particulier de mieux connaître et éventuellement de protéger les espèces animales.

J.-P. M.

MODÈLES ANIMAUX DU COMPORTEMENT HUMAIN. — Paris, 8-11 décembre 1970. — Colloque international du C. N. R. S. n° 198. Paris, C. N. R. S., 1972, 378 p.

Ce colloque constitue la première réunion en France de psychologues *sensu stricto* et de zoopsychologues. Le professeur Rémy CHAUVIN qui l'a organisé, indique, dans l'introduction, que « le sujet est des plus brûlants : c'est la « comparabilité » des comportements animaux et humains... c'est-à-dire la comparaison permet-elle à la psychologie d'avancer ? Le psychologue peut-il se

servir des animaux et tout spécialement des primates, comme le clinicien se sert des chiens et des rats pour étudier la physiologie ou la pathologie.

La table des matières en est la suivante :

- HARLOW H. F. — Love created, love destroyed, love regained.
 SACKETT G. P. — Isolation rearing in monkeys ; diffuse and specific effects on later behavior.
 MALRIEU P. — Le développement affectif dans la première enfance.
 INHELDER B., LEZINE I., SINCLAIR DE ZWART H., STAMBAK M. — Les débuts de la fonction sémiotique.
 IMANISHI K. — L'influence qu'exerce l'environnement social du stade immature sur la détermination de la hiérarchie chez les singes japonais.
 KAWAMURA S. — The pre-culture in the Japanese macaques.
 SELOSSE J. — Phénomènes grégaires chez les jeunes.
 WIDLOCHER D. — Conduites agressives et fantasmes d'agression.
 EIBL-EIBESFELDT I. — The cross-cultural documentation of social behaviour.
 GARDNER R. A., GARDNER B. T. — Communication with a young chimpanzee : Washoe's vocabulary.
 PALLAUD B. — L'apprentissage par observation chez les rongeurs.
 DESPORTES J.-P., DUFLOS A., ZALESKA M. — L'étude des effets de la présence physique de congénères chez l'Homme : mode d'approche et perspectives de recherches.
 ZAJONC R. B. — Some empirical and theoretical continuities in the social behavior of animals and men.
 PICHOT P. — Comparabilité des comportements anormaux chez l'animal et chez l'Homme.
 GRASSÉ P. P. — Comparaison des structures de comportement chez l'animal et chez l'homme.
 MAISONNEUVE J. — Processus affectifs et relations non verbales dans certaines situations d'interaction.
 Discussion générale.

SOKOLOFF (A.). — THE BIOLOGY OF « TRIBOLIUM » WITH SPECIAL EMPHASIS ON GENETICS ASPECTS.
 — Vol. I. London, Clarendon Press : Oxford University Press, 1972, 300 p.

Pour de multiples raisons (facilité d'élevage, fécondité, longévité, réponses nettes aux altérations du milieu, apparition relativement fréquente de mutations), de nombreux chercheurs ont adopté le *Tribolium* pour des études d'écologie, de physiologie, de nutrition et plus récemment de génétique. Éditeur depuis plus de 10 ans d'un bulletin d'information sur cet insecte, l'auteur a cherché à regrouper en une monographie l'ensemble des données éparses dans la littérature pour les rendre facilement accessibles à tous ceux qui engagent des recherches de tous ordres utilisant le *Tribolium*.

Cette monographie sera éditée en trois volumes.

Dans le volume I, seul paru actuellement, on trouve dans un premier chapitre des indications sur la position taxonomique et les tendances évolutives du genre *Tribolium*, des clés de détermination des différentes espèces, un tableau des différences morphologiques entre *T. confusum* et *T. castaneum*.

Illustrés de nombreux dessins, les deux chapitres suivants d'une quarantaine de pages chacun, sont réservés à la morphologie des différents stades, incluant la diagnose du sexe chez l'adulte et la nymphe, ainsi qu'à l'anatomie interne et à l'histologie. Plus de vingt photographies au microscope électronique à balayage montrant notamment des détails observés chez des mutants complètent agréablement ces deux chapitres.

Après des données sur les figures chromosomiques observées chez *Tribolium* et *Dermestes*, le chapitre 7 passe en revue les études sur l'embryogenèse du *Tribolium* et sur le développement postembryonnaire notamment des genitalia, des glandes odorifères et sur l'embryologie expérimentale (influence de la température, de l'apesanteur, etc.).

Le livre s'achève par un important chapitre de près de 100 pages toujours abondamment illustré, sur les anomalies tératologiques spontanées des jeunes stades et de l'adulte (tête, antennes, prothorax, pattes, abdomen) comparées à celles obtenues par voie expérimentale par action de moyens physiques (température, irradiations) ou chimiques (quinones, acides, etc.) Ce volume comprend dix pages d'index et ne compte pas moins de 677 références (dont 440 pour le seul chapitre sur la tératogenèse, élargi, il est vrai, à *Tenebrio molitor* et à d'autres coéloptères).

Le volume 2 sera consacré à la distribution géographique et aux aspects écologiques, tandis que les aspects génétiques et l'effet des irradiations trouveront place dans le volume 3. Un appendice décrira les équipements et les techniques utilisés dans la manipulation du *Tribolium*.

P. A.

EDWARDS (C. A.), LOFTY (J. R.). — BIOLOGY OF EARTHWORMS. — London, Chapman and Hall Ltd., 1972, 283 p. (62 fig., 26 tables, 567 réf.)

Cet ouvrage tente (en 283 pages) de dresser une revue générale de nos connaissances à l'égard des vers de terre. Dans le titre, « biology » doit être entendu au sens large car les différents chapitres traitent de : I. Morphologie, II. Taxonomie, III. Biologie, IV. Physiologie, V. Écologie, VI Rôle des lombriciens dans le cycle de la matière organique, VII. Lombriciens et microorganismes, VIII. Lombriciens et fertilité du sol, IX. Effets de l'agriculture sur les populations lombriciennes, X. Utilités et nuisances des lombriciens, XI. Expérimentation et étude au champ, simples, avec les lombriciens.

L'ouvrage est très général et didactique : il s'adresse surtout aux enseignants et étudiants. Les auteurs ont exploité une abondante bibliographie qui ne se limite pas aux seuls travaux de langue anglaise. Il est évidemment difficile de remplir une telle tâche sans prêter à quelques critiques ; outre d'inévitables erreurs de traduction, j'en retiendrai deux. La première a trait au titre même de l'ouvrage qui recouvre mal son contenu ; les aspects biologiques sont très sommairement traités et constituent un aspect accessoire de l'ouvrage qui est beaucoup plus centré sur les aspects agronomiques. La deuxième a trait au défaut de synthèse critique, notamment vis-à-vis de l'activité globale des lombriciens qui, brièvement exposée, aurait permis de mieux situer l'importance relatives des diverses conséquences du rôle des lombriciens (surtout aux chapitres VI, VII, VIII, IX, et X).

Mais il s'agit là de défauts mineurs en regard de l'intérêt de l'ouvrage qui donne accès à une documentation importante ; la masse des faits compilés est présentée sous une forme très accessible.

Soulignons la qualité des considérations agronomiques dont les auteurs sont spécialistes. Le livre dresse un bilan qui permet d'orienter les recherches pour que l'Homme tire le meilleur parti de ces animaux. L'excellente introduction du Dr J. E. Satchell souligne, à juste titre, l'importance de ces aspects en rapport avec l'évolution des structures agraires européennes. L'ouvrage d'EDWARDS et LOFTY, qui n'a pas d'équivalent, correspond incontestablement à un besoin contemporain.

M.-B. B.

CONTENTS

P. VIAUD, G. BROUSSAL, J.-C. LANDRE. — The temperature fluctuations at the plant level (<i>Allium porum</i>) inside a container with programmed thermo-period	143
J. GUTIERREZ. — Experiments on the reproductive physiology of <i>Tetranychus neocaledonicus</i> ANDRÉ (<i>Acari : Tetranychidae</i>) and effects on the possibilities of genetic control	155
Gilberte MOUTOUS, A. FOS. — Influence of the levels of the vine Cicada populations (<i>Empoasca flavescens</i> FAB.) upon the symptoms of the leaves burn	173
Lucienne BAUD. — A contribution to the physiological study of starvation in an insect. Larvae of <i>Bombyx mori</i> L.	187
J.-P. CHAMBON. — Contribution to the etiology of exceptional outbreak of <i>Cnephasia pumicana</i> ZELL. (Lep. <i>Tortricidae</i>) in Gâtinais	207
J. FARGUES. — Susceptibility of <i>Leptinotarsa decemlineata</i> SAY (Col. <i>Chrysomelidae</i>) towards <i>Beauveria bassiana</i> (BALL.) VUILL. (<i>Fungi imperfecti</i> , Moniliales) in presence of reduced doses of insecticide	231
Y. BOUCHERY, C. PUTZ. — The raspberry mosaic disease in France : experimental transmission by aphids and natural spreading	247
G. IPERTI, F. ROLLEY. — Study of the beginning of dormancy in <i>Adonia II notata</i> SCHN. (Coleoptera : <i>Coccinellidae</i>), aphidophagous and migratory species using a radioelement (Iridium 191 and 192)	255
G. GROLLEAU, Yvonne FROUX. — Action of heptachlor on the Quail reproduction <i>Coturnix coturnix japonica</i>	261
D. PÉPIN. — Studies of an age criterion for the hare, <i>Lepus europaeus</i> PALLAS	271
Review.	
B. HURPIN. — Specificity of entomopathogenous microorganisms and its role upon biological pest control	283
Book reviews	305

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7 avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — le titre du mémoire : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — le nom des auteurs, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — le nom des techniciens ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — le nom de l'établissement, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* suffisamment précis (250 mots maximum) pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion* ; f) *titre et résumé* en anglais ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français mais ils comportent obligatoirement un résumé français *tiers complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégé selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, exécution leur définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit $\times 0,5$, soit $\times 0,25$.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : $12,5 \times 19$ cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9×12 . Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9×12 , 4 photos $9 \times 5,5$, 6 photos $5,5 \times 5,5$. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité des tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1973	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n° par an	160 F	175 F	30 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n° par an	120 F	135 F	42 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n° par an	140 F	155 F	50 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n° par an	140 F	155 F	50 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n° par an	140 F	155 F	50 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n° par an	120 F	135 F	42 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 n° par an	160 F	175 F	55 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n° par an	120 F	135 F	40 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n° par an	140 F	155 F	50 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n° par an	140 F	155 F	50 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n° par an	70 F	80 F	50 F
ANNALES D'ÉCONOMIE ET DE SOCIOLOGIE RURALES, 2 n° par an	60 F	66 F	30 F

APIDOLOGIE, 4 n° par an — Abonnement : France : 35 F
Étranger sauf R. F. A. : 40 F

— Le numéro : France : 11 F
Étranger sauf R. F. A. : 12 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A.-C. N. R. S. 549 p., 1973.....	160,50 F
Recherches acridiennes à Madagascar. 262 p., 1972	80,00 F
IV ^e Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970. 211 p., 1972	60,00 F
Lombriciens de France, Écologie et Systématique par M.-B. Bouché. 671 p., 1972	150,00 F
III ^e Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers. Jouy-en-Josas, 7-11 septembre 1970. 332 p., 1972	139,75 F
Symposium international sur le Soufre en Agriculture. Versailles, 3-4 décembre 1970. 412 p., 1972.....	50,00 F
Organismes du Sol et production primaire — IV ^e Colloquium pedobiologiae, Dijon 14-19 septembre 1970. 588 p., 1972.....	65,00 F
La lutte biologique en forêt, Pont-à-Mousson, 12-14 novembre 1969. 212 p., 1971	45,00 F
VIII ^e Symposium européen sur les maladies à virus des arbres fruitiers. Bordeaux, 24-30 juin 1970. 560 p., 1971	65,00 F
Essai de programmation de la Recherche (Département agronomie) par D. Macquart, R. Gras, J. Mamy, L. Turc, J.-P. Deffontaines. 70 p., 1971	30,00 F
Quatrième Congrès mondial I. A. A. L. D., Paris 20-25 avril 1970. 342 p., 1971	53,75 F
Les maladies des plantes - Modes de développement et méthodes de lutte. Traduit de l'anglais par J. Louvet. 236 p., 1971	43,00 F
Les maladies des plantes maraîchères par C.-M. Messiaen et R. Lafon. 2 ^e édition mise à jour. 441 p., 1971	64,50 F
Techniques d'études des facteurs physiques de la Biosphère. 544 p., 1970	86,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

P. VIAUD, G. BROUSSAL, J.-C. LANDRE. — Évolution des températures au niveau d'un végétal (<i>Allium porum</i>) dans une enceinte à thermo-période programmée	143
J. GUTIERREZ. — Expériences sur la physiologie de la reproduction chez <i>Tetranychus néo-caledonicus</i> ANDRÉ (Acariens : <i>Tetranychidae</i>) et conséquences sur les possibilités de lutte autocide	155
Gilberte MOUTOUS, A. FOS. — Influence des niveaux de populations de cicadelles de la vigne (<i>Empoasca flavescens</i> FAB.) sur le symptôme de la « grillure » des feuilles	173
Lucienne BAUD. — Contribution à l'étude physiologique du jeûne chez un insecte. Larve de <i>Bombyx mori</i> L.	187
J.-P. CHAMBON. — Contribution à l'étiologie de la récente pullulation de <i>Cnephasia pumicana</i> ZELL. (Lep. <i>Tortricidae</i>) à la suite de l'extension des cultures céréalières dans le Gâtinais	207
J. FARGUES. — Sensibilité des larves de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> SAY (Col. <i>Chrysomelidae</i>) à <i>Beauveria bassiana</i> (BALS.) VUILL. (<i>Fungi imperfecti</i> , moniliales) en présence de doses réduites d'insecticide	231
Y. BOUCHERY, C. PUTZ. — La mosaïque du framboisier en France : transmission expérimentale par pucerons et dissémination naturelle	247
G. IPERTI, F. ROLLEY. — Étude de l'acquisition de l'état de dormance chez une Coccinelle aphidiphage et migrante, <i>Adonia 11 notata</i> SCHN. (Col. <i>Coccinellidae</i>) à l'aide d'une technique de marquage (avec l'iridium 191 stable)	255
G. GROLLEAU, Yvonne FROUX. — Effet de l'heptachlore sur la reproduction de la Caille <i>Coturnix coturnix japonica</i>	261
D. PÉPIN. — Recherche d'un critère d'âge chez le lièvre <i>Lepus europaeus</i>	271
<i>Mise au point bibliographique.</i>	
B. HURPIN. — La spécificité des microorganismes entomopathogènes et son rôle en lutte biologique	283
<i>Chronique des livres</i>	305

Contents, see at the end of the issue

Les Annales de Zoologie-Écologie animale figurent dans Current Contents